

Qualité de l'air intérieur dans les lycées



**ETUDE DANS HUIT LYCEES DE LA REGION RHONE-ALPES
2012-2014**

www.air-rhonealpes.fr



Diffusion : Décembre 2014

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@air-rhonealpes.fr





CONDITIONS DE DIFFUSION

Air Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable des Transports et du Logement (*décret 98-361 du 6 mai 1998*) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Air Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.air-rhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Air Rhône-Alpes (2014) Qualité de l'air intérieur dans les lycées – Etude dans 8 lycées de la région Rhône-Alpes**».

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Air Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Air-Rhône-Alpes :

- depuis le formulaire de contact sur le site www.air-rhonealpes.fr
- par mail : contact@air-rhonealpes.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière des membres suivants :

Région Rhône-Alpes



Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Air Rhône-Alpes.

Sommaire



1. Contexte et objectifs	7
2. Méthodologie.....	8
2.1 Les sites de mesures	8
2.2 Les polluants mesurés	9
2.3 Matériel utilisé.....	10
2.3.1 Les COV	10
2.3.2 Le CO ₂	10
2.3.3 Le suivi en continu des COV légers, COV totaux et CO ₂	10
2.4. Valeurs guides et de gestion de la qualité de l'air intérieur	11
3. Résultats	12
3.1. Quelle est la situation des lycées étudiés vis-à-vis de la future réglementation ?.....	12
3.1.1 Le CO ₂	12
3.1.2 Le benzène	13
3.1.2 Le formaldéhyde	14
3.2. Les lycées étudiés présentent-ils des spécificités vis-à-vis des autres polluants étudiés ?	15
3.2.1 Le toluène.....	15
3.2.1 L'éthylbenzène	15
3.2.3 Les xylènes.....	16
3.2.4 Les COV.....	17
3.2.5 Les aldéhydes.....	18
3.3. Suivi d'un lycée neuf lors de sa mise en service	19
3.3.1 Le CO ₂	19
3.3.2 Les composés organiques volatils	21
3.4. Quel retour d'expérience sur la gestion de la qualité de l'air intérieur par les usagers ?	24
4. Conclusions	26

Annexes

ANNEXE 1 : CONCENTRATION EN ALDEHYDES DES DIFFERENTES SALLES INSPECTEES	31
ANNEXE 2 : BILAN INTERNAT DU LYCEE F.BUISSON – VOIRON	31
ANNEXE 3 : BILAN DU LYCEE LES EAUX CLAIRES – GRENOBLE.....	27
ANNEXE 4 : BILAN DU LYCEE G.TILLION – SAIN BEL	31
ANNEXE 5 : BILAN DU LYCEE A.CAMUS – RILLIEUX LA PAPE	36
ANNEXE 6 : BILAN DU LYCEE LA CARDINIÈRE – CHAMBERY	40
ANNEXE 7 : BILAN DU LYCEE LACASSAGNE – LYON	44
ANNEXE 8 : BILAN DU LYCEE M.GIMOND – AUBENAS	48





Résumé



La qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires représente aujourd'hui un véritable enjeu de santé publique. Le bon renouvellement d'air dans les salles de classe pendant la présence des élèves ainsi que l'utilisation de matériaux et/ou produits d'entretien peu émissifs en polluants sont donc nécessaires afin de limiter les effets sanitaires (maladies respiratoires, allergies, fatigue...). De ce fait, **la surveillance obligatoire de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public** comme les écoles (décret n°2011-1728 du 2 décembre 2011) prévoit **un suivi en continu du confinement des salles et la mesure des concentrations de deux polluants chimiques** (benzène et formaldéhyde).

Air Rhône-Alpes, observatoire de la qualité de l'air en Rhône-Alpes, intègre la thématique de la qualité de l'air intérieur dans ses programmes **d'amélioration des connaissances**. Dans ce cadre, l'observatoire conduit plusieurs études dans des bâtiments scolaires et des logements, visant notamment à documenter l'évaluation de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments performants en énergie, pour lesquels l'amélioration de l'isolation conduit à les rendre plus étanches à l'air, laissant craindre une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

Ainsi, l'observatoire a réalisé une étude **d'évaluation de la qualité de l'air dans huit lycées de la région Rhône-Alpes**. Cette étude financée par le Conseil régional, propriétaire des bâtiments des lycées, a pour objectif principal d'évaluer la qualité de l'air intérieur **dans des bâtiments neufs ou récemment rénovés thermiquement** afin d'avoir un retour d'expérience sur cette typologie spécifique de bâtiments et de sensibiliser les gestionnaires à la thématique de la qualité de l'air intérieur.

L'étude d'un établissement s'est déroulée en plusieurs phases :

- **une visite "diagnostic"** a été effectuée en présence de la personne en charge de l'entretien du lycée au sein de la Région, d'un responsable administratif du lycée et d'Air Rhône-Alpes.
- **Deux campagnes de mesures des polluants** à deux périodes distinctes de l'année, une première pendant la saison chaude et une deuxième lors de la période de chauffage

En complément de ce protocole standard, deux expérimentations complémentaires ont été menées dans le cadre de l'étude : des tests d'aération et le suivi en continu de la qualité de l'air intérieur d'un lycée neuf dans les premiers mois après sa mise en service.

Les mesures réalisées ont permis de faire un état des lieux vis-à-vis de la future réglementation :

- Les concentrations **en benzène** respectent la valeur guide de 2013 dans l'ensemble des salles observées. Seule une classe dépasse la valeur de 2016.
- De même, il n'y a qu'une salle (un CDI) qui présente des concentrations en **formaldéhyde** supérieures à la valeur guide de 2015. La valeur guide de 2023 est en revanche couramment dépassée.
- Le renouvellement d'air n'est pas satisfaisant dans plusieurs salles où les concentrations de **CO₂** atteignent des teneurs parfois très élevées (5000 ppm) qui traduisent un fort confinement. Ce constat est valable dans les lycées ne disposant pas d'une ventilation mécanique performante. Les lycées récents disposant d'une VMC double flux en revanche présentent un renouvellement d'air satisfaisant en occupation normale.

Les mesures ont également mis en évidence la prépondérance des terpènes : **limonène et alpha-pinène** dans les bâtiments intégrant du bois dans la construction.



Le suivi de la qualité de l'air intérieur en continu lors de la mise en service d'un lycée neuf a montré des concentrations élevées de COV. Malgré une diminution nette en journée, lors du fonctionnement de la ventilation, ces concentrations restent élevées en présence des élèves traduisant le besoin d'un renouvellement d'air supérieur dans le cadre du « début de vie » du bâtiment.

Un test complémentaire sur l'utilisation d'un indicateur lumineux, qui change de couleur en fonction des concentrations de CO₂, **dans les salles dépourvues de ventilation** a permis de sensibiliser davantage les professeurs et les élèves à l'ouverture plus régulière des fenêtres. Ces actions ont entraîné une diminution du confinement lorsque les consignes ont été respectées. Toutefois, même si les professeurs semblent plutôt favorables à une généralisation de la méthode, il apparaît des freins à l'aération régulière des fenêtres, comme le confort, bruit ou température, l'impossibilité d'ouvrir pour des raisons pratiques. L'aération se révèle cependant parfois insuffisante.

A la lumière des différents résultats obtenus, **il est difficile d'établir une corrélation évidente entre performance énergétique et qualité de l'air intérieur**. On peut néanmoins souligner les éléments suivants :

- **la présence d'une ventilation performante dans les lycées neufs permet de renouveler l'air de manière suffisante pour évacuer le CO₂ produit par les élèves** et donc réduire le confinement dans les salles de classe.
- En cas d'occupation importante, comme c'est souvent le cas dans les lycées (35 élèves), **les concentrations de CO₂ peuvent atteindre des valeurs élevées dans des salles ne bénéficiant pas de système de ventilation spécifique** et pour lesquelles les entrées d'air sont limitées (cas des rénovations thermiques).
- **les concentrations relevées sont plutôt homogènes pour l'ensemble des lycées**, excepté pour les quelques composés cités précédemment (limonène et alpha-pinène). La présence de ces composés est plutôt liée aux matériaux utilisés qu'aux contraintes de performance énergétique. En revanche, **il apparaît qu'en cas d'émissions de polluants importantes, la ventilation dimensionnée pour évacuer le CO₂ se révèle parfois insuffisante, notamment dans le cas de bâtiments neufs**.

Afin d'anticiper la future réglementation, et de manière plus générale, assurer une bonne qualité de l'air intérieur dans les lycées, des recommandations peuvent être émises et notamment :

- Surventiler le bâtiment pour évacuer les polluants des matériaux neufs en mettant en place éventuellement un suivi en continu de la qualité de l'air intérieur.
- Réaliser si possible les travaux d'aménagement et de mise en place de nouveaux mobiliers en début de congés scolaires, laissant ainsi le temps pour une aération prolongée.
- Avoir une vision globale du bâtiment lors des réaménagements, des travaux d'entretien, aménagements des salles /ateliers, ...et notamment respecter l'usage des salles.
- **Assurer un bon entretien des systèmes de ventilation**, cela est d'autant plus important dans les bâtiments peu perméables à l'air.
- **Sensibiliser les gestionnaires et les occupants** à la problématique de la qualité de l'air intérieur, en rappelant notamment **l'importance de l'aération dans les bâtiments non équipés de ventilation mécanique**.

1. Contexte et objectifs

Depuis décembre 2011, la surveillance de la qualité de l'air intérieur est devenue réglementaire dans certains Etablissements Recevant du Public (décret n°2011-1728 du 2/12/2011). Les paramètres étudiés sont les suivants :

- Les concentrations intérieures en **formaldéhyde** et en **benzène**
- Les concentrations extérieures en benzène
- **L'indice de confinement** (calculé à partir de concentrations intérieures en **dioxyde de carbone** en période froide)
- L'évaluation des moyens d'aération

Cette surveillance doit être réalisée au plus tard au 1er janvier 2020 pour les lycées¹.

En outre, le secteur du bâtiment doit faire face à des exigences de plus en plus contraignantes prévues par la réglementation thermique 2012. Il est donc nécessaire de réduire les consommations d'énergie en agissant au niveau de l'enveloppe thermique, comme l'isolation des parois, tout en veillant à ne pas utiliser des matériaux participant à la pollution de l'air intérieur. Le système de ventilation doit également être efficace pour assurer un renouvellement d'air suffisant et donc une bonne qualité d'air intérieur.

En 2008, Air Rhône-Alpes a réalisé une étude sur l'air intérieur dans quatre lycées de la région Rhône-Alpes. Cette étude a permis d'apporter des éléments nouveaux sur cette thématique et a mis également en évidence le besoin d'information pour les gestionnaires et les usagers des établissements concernés sur les bons comportements à adopter.

Ainsi, afin de prolonger cette démarche d'amélioration des connaissances sur l'air intérieur, la région Rhône-Alpes a sollicité Air Rhône-Alpes pour une nouvelle analyse de la qualité de l'air intérieur dans quelques lycées. Cette étude a porté sur huit lycées de la région et répond à plusieurs objectifs :

- L'amélioration des connaissances relatives à la qualité de l'air intérieur dans les lycées et la situation des lycées vis-à-vis de la future réglementation,
- La sensibilisation des responsables en charge de la conception, de la réalisation et de la gestion des lycées ainsi que des occupants,
- L'amélioration des connaissances sur des lycées **neufs ou récemment rénovés**.

En effet, plusieurs lycées ont fait l'objet de travaux visant à renforcer l'isolation des parois ou l'étanchéité du bâtiment, sans qu'il n'y ait de système de renouvellement de l'air spécifique dans l'établissement. Les impacts en termes de qualité de l'air intérieur de ces travaux est à documenter.

La ministre de l'Écologie, Ségolène Royal, a annoncé dans un communiqué publié en septembre 2014 que la surveillance des établissements recevant des enfants de moins 6 ans prévue au 1^{er} janvier 2015 est pour l'instant repoussée et remplacée par un guide de bonnes pratiques.

2. Méthodologie

L'étude d'un établissement s'est déroulée en plusieurs phases :

■ **une visite "diagnostic"** a été effectuée en présence de la personne en charge de l'entretien du lycée au sein de la Région, d'un responsable administratif du lycée et d'Air Rhône-Alpes. Au cours de cette visite, les points suivants ont été abordés :

- Environnement extérieur de l'établissement
- Structure générale du bâtiment
- Etat général : présence de moisissures, tâches suspectes ...
- Etat du système de renouvellement d'air
- Stockage et utilisation des produits d'entretien et de ceux utilisés en classe.

Une attention toute particulière a été portée sur le système de renouvellement d'air.

Ces visites ont aussi permis de sensibiliser les gestionnaires et utilisateurs des établissements aux problèmes liés à la QAI.

■ **Deux campagnes de mesures des polluants** se sont déroulées à deux périodes distinctes de l'année, une première pendant la saison chaude (avril - septembre) et une deuxième lors de la période de chauffage (novembre – février). Les mesures ont eu lieu du lundi matin au vendredi après midi, soit durant 4,5 jours de présence des élèves et hors congés scolaires.

Six établissements ont été étudiés pendant l'année scolaire 2012-2013 et deux pendant la période 2013-2014.

En complément de ce protocole standard, deux expérimentations complémentaires ont été menées dans le cadre de l'étude :

- Des tests d'aération ont été réalisés dans 2 lycées ne disposant pas de ventilation mécanique afin d'avoir un retour d'expérience sur la possibilité de gestion de la qualité de l'air par les occupants.
- Un suivi en continu des concentrations de CO₂ et des composés organiques volatils a eu lieu sur plusieurs mois dans un lycée neuf depuis sa mise en service (en mars 2013) jusqu'à la fin de l'année scolaire avant de réaliser l'étude complète sur l'année scolaire suivante.

2.1 Les sites de mesures

Huit lycées ont été investigués. Le choix des lycées a été fait par les différents services concernés de la Région Rhône-Alpes. Une priorité a été donnée aux lycées neufs ou récemment rénovés. Ils ont été choisis de façon à permettre de caler des références opérationnelles réutilisables pour d'autres opérations. Deux lycées ont été choisis comme comparaison. Les mesures ont été réalisées dans cinq salles : quatre salles de classe et un CDI.

Le tableau 1 présente les différents lycées étudiés avec leurs principales caractéristiques. Plus de détails sur les différents lycées sont donnés en annexes n°2 à 7.

Catégorie	Lycée	Caractéristiques et travaux effectués
Bâtiments neufs et performants	G.Tillion - Sain Bel (69)	Lycée avec VMC ² Double Flux – Livré en 2008 (déjà étudié en 2008)
	Internat Ferdinand Buisson -Voiron (38)	Bâtiment passif à usage d'internat – Livré en septembre 2012
	Les Eaux Claires - Grenoble (38)	Lycée HQE ³ avec VMC double flux - Livré au printemps 2013
Lycées rénovés	A.Camus - Rillieux la Pape (69)	Lycée sans ventilation mécanique - Menuiseries changées
	M.Gimond Bât B - Aubenas (07)	Lycée sans ventilation mécanique - Réhabilitation de l'enveloppe et Menuiseries changées
	La Cardinière - Chambéry (73)	Lycée sans ventilation mécanique - Réhabilitation de l'enveloppe
Lycées « Parc existant »	Lacassagne - Lyon (69)	Lycée sans ventilation mécanique
	M.Gimond Bât A - Aubenas (07)	Lycée sans ventilation mécanique - Menuiseries changées

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES DES LYCEES CHOISIS

2.2 Les polluants mesurés

Plusieurs études sur la qualité de l'air intérieur ont mis en évidence une spécificité de la pollution de l'air intérieur. Les composés chimiques principalement présents en phase gazeuse sont des **Composés Organiques Volatils** (COV) qui regroupent plusieurs familles chimiques distinctes. Parmi ces composés, on retrouve les **aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde...)** ainsi que les **BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylène)**.

Les sources de ces composés sont les émissions des matériaux (peinture, vernis, colle, moquette), des produits d'entretien, de bricolage ou encore la fumée de cigarette pour le formaldéhyde et le benzène, qui sont classés cancérogènes certains par le CIRC⁴.

Le taux de CO₂ est un indicateur du confinement qui reflète à la fois l'activité liée à la respiration humaine mais aussi le renouvellement d'air. Une augmentation des concentrations de CO₂ et des taux supérieurs à 1300 ppm (signe de confinement) peuvent entraîner une diminution des performances des élèves.

² Ventilation Mécanique Contrôlée

³ Haute Qualité Environnementale

⁴ Centre International de Recherche sur le Cancer

En air intérieur, seuls le **formaldéhyde** et le **benzène** sont réglementés par le décret 2011-1727 ainsi que le **dioxyde de carbone** (CO₂). Dans le cadre de la présente étude, Air Rhône-Alpes a utilisé par ailleurs le protocole du programme dénommé « OQAI-BPE » (bâtiments performants en énergie) comme référence pour sélectionner une liste de polluants complémentaires à mesurer en plus des polluants réglementaires dans quelques lycées.

Dans cette étude, les composés suivants ont été recherchés sur tous les sites :

- 7 aldéhydes (le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le propionaldéhyde, le butyraldéhyde, le benzaldéhyde, l'isovaléraldéhyde et le valéraldéhyde),
- 5 composés de la famille BTEX : le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les m+p xylènes et o-xylènes

Le n-hexane, 1-méthoxy-2-propanol, le tétrachloréthylène, le styrène et le limonène ont été recherchés dans 4 établissements.

2.3 Matériel utilisé

2.3.1 Les COV



Le prélèvement des BTEX, aldéhydes et autres COV a été réalisé à l'aide de tubes à diffusion passive (Radiello[®], figure 1).

Dans chaque salle investiguée et à l'extérieur de l'établissement, un tube a été exposé du lundi matin au vendredi soir de chaque campagne.

Les concentrations mesurées sont donc des **concentrations moyennes sur 4,5 jours**.

FIGURE 1 : TUBE A DIFFUSION PASSIVE SUR SUPPORT

2.3.2 Le CO₂

La mesure en air intérieur de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) est réalisée à partir d'un analyseur en continu qui enregistre les concentrations sur un pas de temps de 10 min mais aussi la température et l'humidité de la pièce.

Plusieurs types d'appareil ont été utilisés : Q-TRAK et Profil'Air Station.

2.3.3 Le suivi en continu des COV légers, COV totaux et CO₂



Pour le suivi en continu des premiers mois d'un lycée neuf, un autre type d'appareil a été utilisé. La balise Fireflies[®] d'Azimut Monitoring (figure 2) permet de suivre l'évolution des concentrations de CO₂, des COV légers (en équivalent formaldéhyde) et COV totaux (somme des concentrations de chacun des composés en équivalent toluène). Les paramètres de confort tels que la température et l'humidité relative ont aussi été mesurés. Ces mesures ne constituent pas une méthode de mesure

normalisée mais permettent de visualiser l'évolution des concentrations intérieures au cours d'une journée ou d'une semaine sur un pas de temps de 10 minutes.

FIGURE 2 : BALISE FIREFLIES[®] D'AZIMUT MONITORING

2.4. Valeurs guides et de gestion de la qualité de l'air intérieur

Les résultats de mesure obtenus peuvent être comparés à différentes valeurs. Le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 fixe notamment les valeurs-guides pour les polluants réglementés en air intérieur. D'autres valeurs guide sont fixées par l'OMS⁵ ou l'ANSES⁶ (voir tableau 2).

Polluant	Valeur Guide réglementaire (en µg/m³)	Valeur Guide (en µg/m³)	Valeur repère (en µg/m³)
Benzène	5 (2013) 2 (2016)		
Formaldéhyde	30 (2015) 10 (2023)		
Trichloroéthylène	Non réglementé	2	
Acétaldéhyde	Non réglementé	200	
Toluène	Non réglementé	300	
Ethylbenzène	Non réglementé	300	
m+p-Xylène	Non réglementé	200	
o-Xylène	Non réglementé	200	
Tétrachloroéthylène	Non réglementé	250	
α-Pinène	Non réglementé		450
Limonène	Non réglementé		450

TABLEAU 2 : VALEURS-GUIDES ET VALEUR LIMITE POUR L'AIR INTERIEUR

Le confinement est caractérisé par un **indice de confinement (ICONE)** qui s'appuie sur **la mesure en continu du CO₂ en campagne froide** pendant les seules périodes au cours desquelles le nombre d'élèves effectivement présents dans la pièce est supérieur à 0,5 fois l'effectif théorique de la salle de classe ou d'activité et inférieur à 1,5 fois l'effectif théorique de la pièce. Il est calculé selon la formule donnée par le CSTB⁷ :

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

f_1 : proportion de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm

f_2 : proportion de valeurs supérieures à 1700 ppm

L'indice est calculé pour chaque salle équipée d'un analyseur de CO₂. Il s'échelonne de 0 à 5 selon la nature du confinement (tableau 3).

⁵ Organisation Mondiale de la Santé

⁶ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

⁷ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

ICONE	Nature du confinement
0	nul
1	faible
2	moyen
3	élevé
4	très élevé
5	extrême

TABLEAU 3 : INDICE ET NATURE DU CONFINEMENT

Dans le cadre de la réglementation, si l'indice de confinement est égal à 5, des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé conformément à l'article 7 du décret relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur. Il s'agit d'une valeur limite, aucune valeur guide n'a été fixée pour l'indice de confinement. La valeur de 1300 ppm du règlement sanitaire départemental peut être prise en référence.

3. Résultats

Après avoir présenté les résultats des lycées par rapport aux polluants réglementés, des analyses sur d'autres composés seront illustrées pour étudier la spécificité des établissements visités. Les tests complémentaires sur l'utilisation de cet indicateur lumineux et de la balise Fireflies® feront l'objet de la dernière partie de ces résultats.

Les résultats de l'étude répondent aux questions suivantes :

- Quelle est la situation des lycées vis-à-vis de la future réglementation ?
- Les lycées présentent-ils des spécificités par rapport aux polluants étudiés ?
- Quel retour d'expérience sur la qualité de l'air intérieur lors de la mise en service d'un lycée neuf ?
- Quel retour d'expérience sur la gestion de la qualité de l'air intérieur par les usagers ?

3.1. Quelle est la situation des lycées étudiés vis-à-vis de la future réglementation ?

3.1.1 Le CO₂

Pour calculer l'indice de confinement ICONE dont la formule a été donnée précédemment, chaque enseignant a complété un questionnaire en précisant les périodes d'occupation des salles et le nombre d'élèves présents. L'indice ICONE n'a pas été calculé pour l'internat du lycée Ferdinand BUISSON de Voiron en raison de l'absence d'information sur la présence ou non des élèves.

Le calcul de l'indice montre :

- qu'aucun lycée ne présente de salle avec un confinement extrême (voir figure 3).
- **six salles, dont trois au lycée Lacassagne, ont un confinement très élevé (ICONE=4)** avec des concentrations qui atteignent jusqu'à 5000 ppm et trois établissements ont des concentrations moyennes supérieures à 1300 ppm (seuil indicatif donné par le règlement sanitaire départemental) (figure 4). Ces salles doivent être aérées plus régulièrement pour assurer un meilleur renouvellement d'air.
- Le confinement dans le lycée La Cardinière et le lycée des Eaux Claires est très faible voire nul. Le lycée des Eaux Claires possède une ventilation mécanique suffisante pour évacuer le CO₂

émis par les élèves présents (souvent très nombreux) alors que le lycée de Chambéry n e possède pas de ventilation mais présente un faible taux d'occupation (entre 10 et 15 élèves en moyenne par salle).

Etablissement	1.Les Eaux Claires	2.G.Tillion	3.Lacassagne	4.A.Camus	5.La Cardinière	6.M.Gimond A	7. M.Gimond B
salle n°1	2	4	4	4	0	2	3
salle n°2	2	1	1	1	0	3	4
salle n°3	2	2	4	2	0	2	1
salle n°4	0		4				

FIGURE 3 : INDICE DE CONFINEMENT DES SALLES DE CLASSE

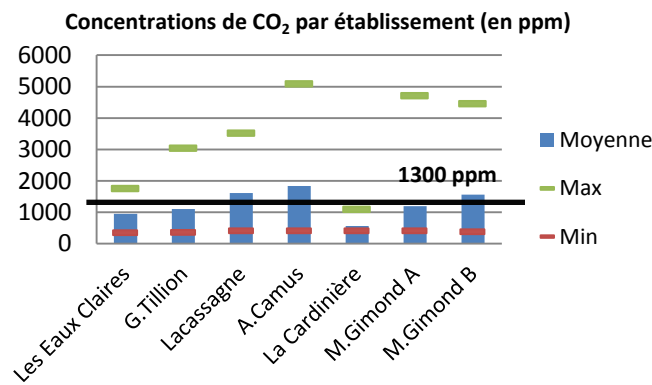


FIGURE 4 : TAUX DE CO₂ PAR ETABLISSEMENT

3.1.2 Le benzène

- Les concentrations en benzène respectent la valeur réglementaire en vigueur au 1^{er} janvier 2013 (5 µg/m³) pour l'ensemble des salles inspectées (figure 5) et restent dans l'ensemble inférieures à la valeur de 2016.
- L'internat du lycée Ferdinand Buisson à Voiron présente des concentrations supérieures à la valeur réglementaire 2016 dans toutes les chambres analysées. Ces niveaux sont principalement liés à la concentration extérieure relativement élevée lors de la première campagne de novembre 2012.
- Le rapport des concentrations de benzène air intérieur/air extérieur est en moyenne égale à 1,2. Seul le CDI du Lycée Marcel Gimond (Bâtiment B) présente un rapport supérieur à 2 ce qui traduit la présence probable de sources intérieures dans cette salle (matériaux de construction, produits d'entretien...).

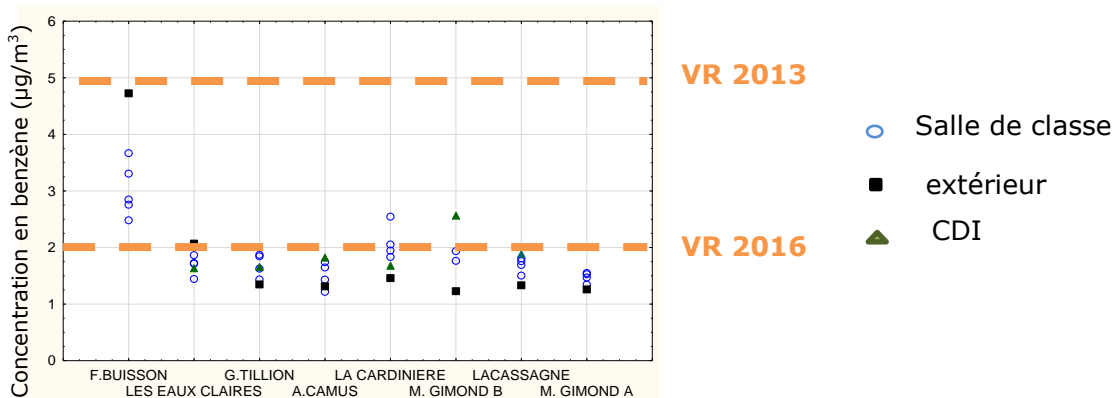


FIGURE 5 : CONCENTRATION EN BENZÈNE (µg/M³) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

Trois salles du lycée Germaine Tillion à Sain Bel ont été étudiées pour les deux études de qualité de l'air intérieur (2008 et 2012) : les salles D116 et D117 ainsi que le CDI. Les niveaux relevés pour les deux années restent semblables (environ $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et sont donc légèrement inférieures à la valeur réglementaire 2016 .

3.1.2 Le formaldéhyde

- **Les concentrations en formaldéhyde** dans les salles de cours des lycées étudiés sont assez dispersées au sein d'un établissement mais **respectent la valeur réglementaire de 2015 pour la très grande majorité** (figure 6).
- Seul le CDI du Lycée Albert Camus à Rillieux La Pape est au dessus de cette concentration ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le mobilier en bois, les produits d'entretien ainsi que les ouvrages sont les sources principales de ce polluant. Les CDI ont d'ailleurs dans l'ensemble les concentrations les plus élevées dans les lycées, comme cela avait été déjà mis en évidence lors de l'étude de 2008.
- **La valeur réglementaire de 2023 n'est respectée que dans quelques classes.**

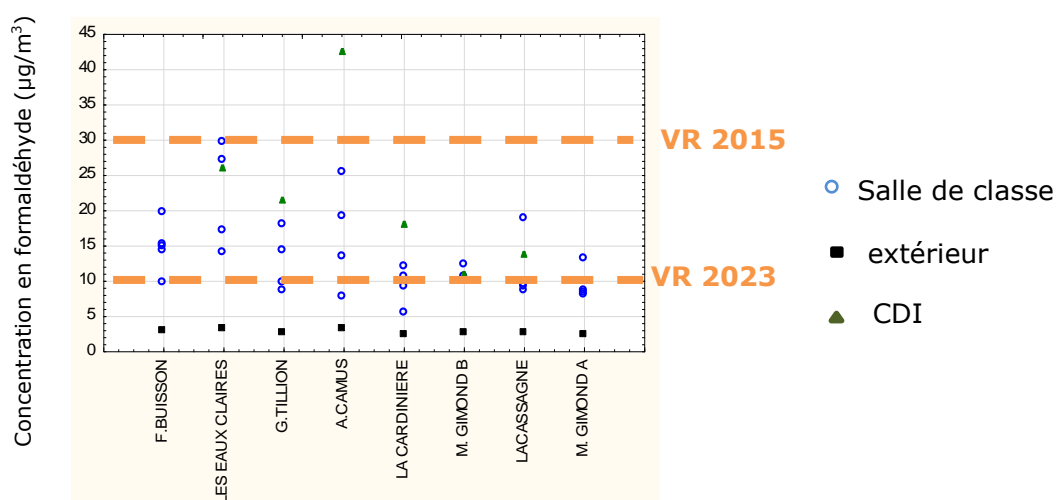


FIGURE 6 : CONCENTRATION EN FORMALDEHYDE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

Comme pour le benzène, les concentrations en formaldéhyde des salles déjà étudiées du lycée Germaine Tillion à Sain Bel sont similaires entre l'étude actuelle et celle de 2008. Les niveaux respectent la valeur guide 2015 mais pas celle de 2023.

En résumé, plusieurs salles étudiées présentent **des concentrations élevées de CO_2** pendant la présence des élèves traduisant **l'insuffisance du renouvellement d'air, notamment dans les lycées ne possédant pas de ventilation mécanique** (Lacassagne, Albert Camus, Marcel Gimond). Dans les lycées équipés, le renouvellement d'air est suffisant pour évacuer le CO_2 produit par les élèves, même nombreux (35) bien que dans le cas du lycée Germaine Tillion, la salle située dans le bâtiment administratif ne semble pas être adaptée pour accueillir un grand nombre d'élèves.

Concernant les polluants, benzène et formaldéhyde, une seule salle dépasse les valeurs en vigueur en 2014, le CDI du lycée Albert Camus pour le formaldéhyde.

Les résultats montrent en revanche que les valeurs futures seront difficiles à atteindre, notamment dans le cas du formaldéhyde.

3.2. Les lycées étudiés présentent-ils des spécificités vis-à-vis des autres polluants étudiés ?

3.2.1 Le toluène

Les sources intérieures de toluène comprennent les matériaux de construction, les produits automobiles (produits de nettoyage et à polir, adhésifs, huiles, graisses et lubrifiants) et la fumée de tabac ambiante. L'OMS fixe une valeur guide pour le toluène à $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Les salles étudiées présentent toutes des concentrations nettement inférieures à la valeur guide (figure 7).
- Pour tous les lycées, les concentrations intérieures sont supérieures aux concentrations extérieures ce qui montre l'influence des sources internes.
- On peut également constater qu'une salle du bâtiment B du lycée Marcel Gimond présente une concentration plus élevée. Elle est toutefois très inférieure à la valeur guide et ne présente pas de caractère particulièrement élevé par rapport aux valeurs rencontrées dans les établissements scolaires de Rhône-Alpes.

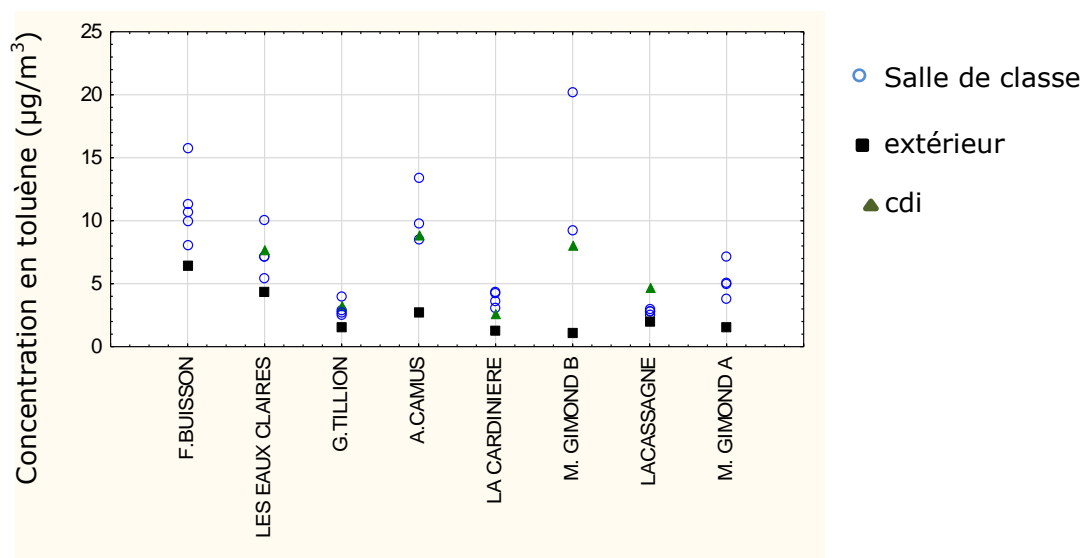


FIGURE 7 : CONCENTRATION EN TOLUÈNE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

3.2.1 L'éthylbenzène

Les niveaux d'éthylbenzène sont semblables et faibles pour l'ensemble des lycées (figure 8) exceptés pour la salle B320 du lycée Lacassagne qui présentait des dégradations liées à de l'infiltration d'eau lors de la visite préliminaire. Des travaux de peinture entre la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne pourraient expliquer ces concentrations, qui restent toutefois inférieures à la valeur repère de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ainsi, hormis un cas spécifique lié à des travaux ponctuels, les salles étudiées ne présentent pas de spécificité concernant l'éthylbenzène.

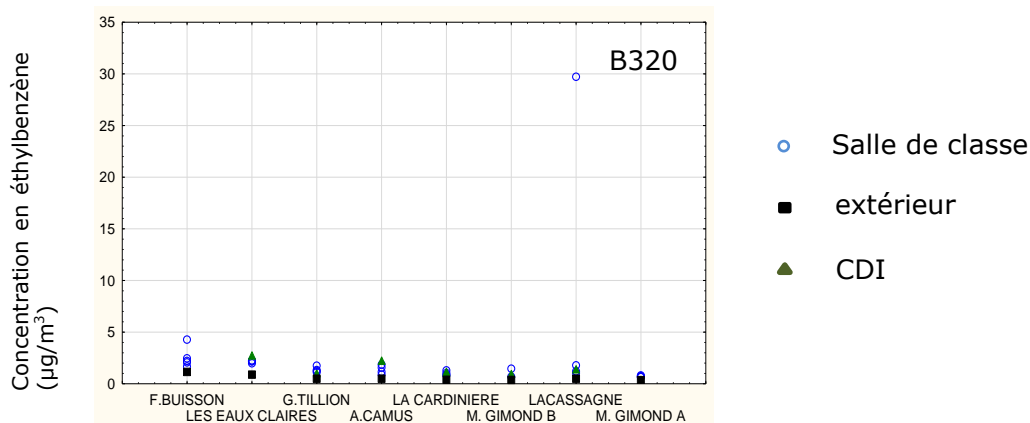


FIGURE 8 : CONCENTRATION EN ETHYLBENZÈNE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

3.2.3 Les xylènes

Comme pour l'éthylbenzène, la salle B320 du lycée Lacassagne présente un taux élevé de m+p xylène ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qui s'explique par la présence de peinture fraîche lors de la campagne n°2. Les autres salles ont des niveaux de concentration relativement faibles par rapport aux valeurs-guide de l'OMS ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une année).

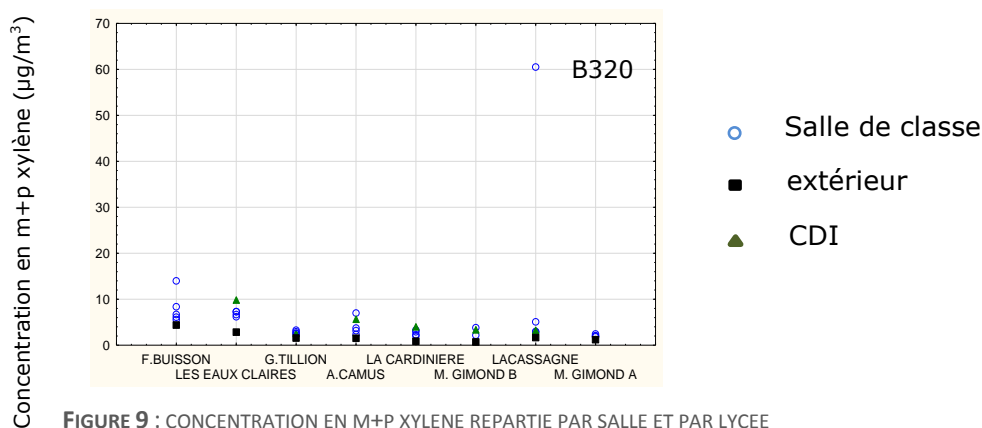


FIGURE 9 : CONCENTRATION EN M+P XYLENE REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

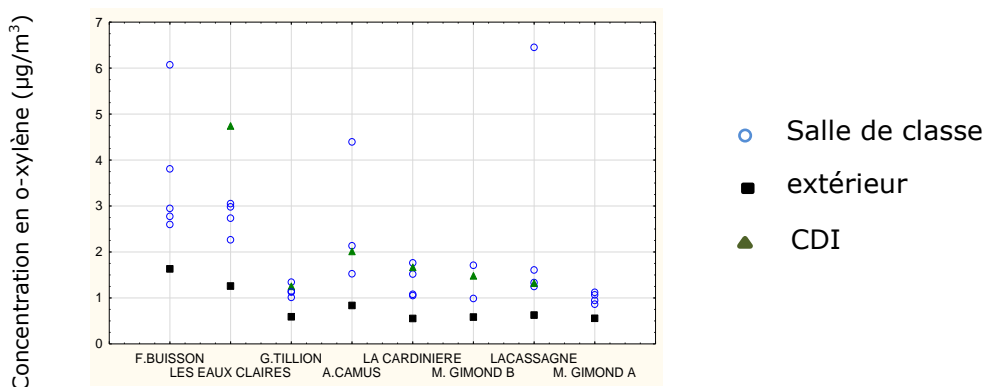


FIGURE 10: CONCENTRATION EN O-XYLENE REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

Les concentrations d'o-xylène des salles du lycée des Eaux Claires et de l'internat Ferdinand Buisson semblent légèrement supérieures, pouvant traduire l'influence de peintures et vernis neufs. Ces concentrations sont toutefois très inférieures au maximum rencontré dans les précédentes études d'Air Rhône-Alpes dans les établissements scolaires.

3.2.4 Les COV

La majorité des composés organiques volatils mesurés présentent des concentrations très faibles (moins de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) inférieures aux valeurs repères quand elles existent. Les niveaux mesurés de ces composés ne mettent pas en évidence des spécificités des salles étudiées.

Les composés volatils retrouvés en plus grande quantité sont l'alpha-pinène et le limonène.

Ces deux composés de la famille des terpènes peuvent être liés à la présence de bois dans les constructions ou l'aménagement. Ces composés peuvent également être utilisés pour leurs propriétés odorantes (pin, orange/citron) dans des produits d'entretien.

Le lycée des Eaux Claires présente les niveaux de concentration les plus élevés en limonène (figure 11) parmi les quatre lycées où ce composé a été recherché. Dans ce cas, **la présence de bois semble la source probable de ces concentrations élevées**. En effet, la salle 5 qui ne dispose pas de bardage bois présente des concentrations bien inférieures aux autres salles. Hormis la salle 107, les concentrations sont plus élevées en période chaude réalisée en septembre 2013. La baisse des concentrations en période froide (janvier 2014) pourrait s'expliquer par une baisse des émissions des matériaux neufs. Toutefois, il faudrait vérifier que les concentrations ne remontent pas en saison chaude. Compte tenu des concentrations importantes, un suivi régulier des concentrations dans les premières années du bâtiment semble nécessaire.

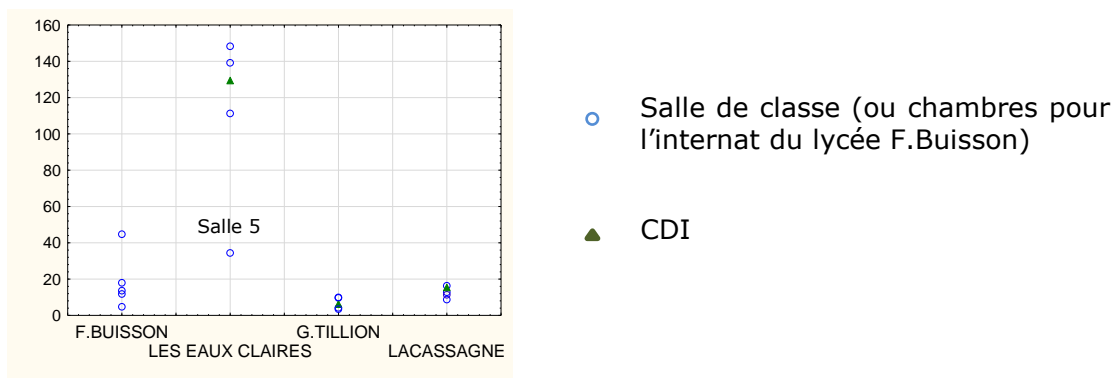


FIGURE 11: CONCENTRATION EN LIMONENE ($\mu\text{g}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE



FIGURE 12 : SALLE DE COURS DU LYCEE DES EAUX CLAIRES

L'alpha-pinène n'a été mesuré qu'au lycée des Eaux Claires, suite à des concentrations en COV totaux élevées mises en évidence lors de l'expérimentation menée de mars à juin 2013 (cf. paragraphe 3.3)

Les concentrations ont été mesurées en septembre 2013 (période chaude) et janvier 2014 (période froide). Comme le limonène, **les concentrations d'alpha-pinène semblent liées à la présence de bois puisque la salle 5 présente des concentrations inférieures**.

Dans 3 des 5 salles sondées, la moyenne des 2 périodes est supérieure à la valeur guide européenne d'exposition à longue durée de $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX). Ces concentrations sont par ailleurs supérieures aux valeurs relevées dans l'étude sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments BBC de la région Centre⁸ (moyenne de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur six logements ; maximum sur une semaine de $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans une maison individuelle en bois). Une autre étude de mesure d'alpha-pinène réalisée par l'ASPA (Alsace) dans les locaux du collège d'Heiligenstein (ASPA 10042303) a montré des concentrations de l'ordre de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

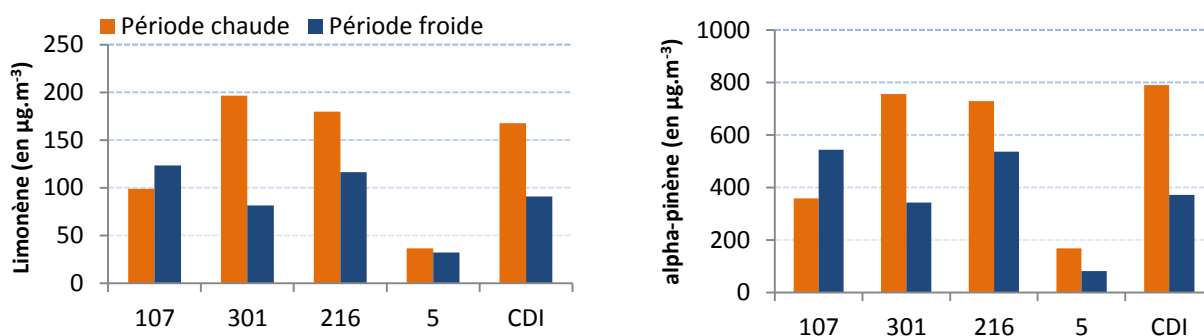


FIGURE 13: CONCENTRATION EN LIMONENE ET ALPHA-PINENE AUX EAUX CLAIRES REPARTIE PAR SALLE ET PAR PERIODE

Ces concentrations importantes plusieurs mois après la mise en service montrent la nécessité de surventiler le bâtiment dans les premiers mois. Ces éléments seront complétés par ceux du suivi en continu mis en place dans le cadre de cette étude, présentés au paragraphe 3.3.

3.2.5 Les aldéhydes

- Comme prévu, les mesures des concentrations en aldéhydes mettent en lumière des teneurs entre deux et cinq fois plus élevées en air intérieur qu'en air ambiant où les niveaux sont très faibles (environ $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les CDI ont dans l'ensemble des concentrations plus élevées que dans le reste des salles de classe. Les concentrations peuvent être dues aux ouvrages, au mobilier et de manière générale à la configuration différente de cette pièce par rapport aux salles de cours.
- Les niveaux obtenus restent plus faibles que ceux obtenus en formaldéhyde.
- L'internat du lycée Ferdinand Buisson de Voiron se distingue par des concentrations plus élevées en acétaldéhyde (figure 14) dans les étages (chambres), traduisant probablement l'usage spécifique de ces locaux par rapport aux salles de classe.
- Les résultats obtenus ne montrent pas d'autre spécificité des bâtiments étudiés.

L'ensemble des résultats concernant les concentrations des aldéhydes (excepté le formaldéhyde) dans les salles est donné en annexe 1.

⁸ LIGAIR (Etude Home'Air 2012 ; référence QAI 2517)

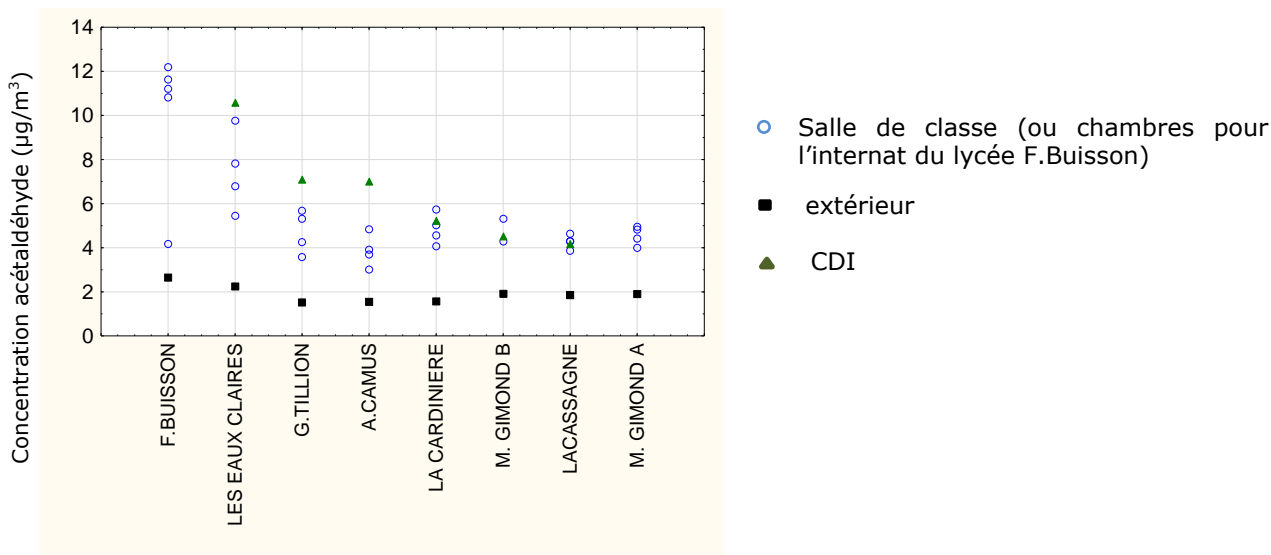


FIGURE 14 : CONCENTRATION EN ACETALDEHYDE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE

3.3. Suivi d'un lycée neuf lors de sa mise en service

Afin de suivre la qualité de l'air intérieur d'un lycée neuf dans les premières semaines après la mise en service, la balise Fireflies® d'Azimut Monitoring (figure 2) a été installée dans la salle 216 du lycée des Eaux Claires de Grenoble afin de suivre **l'évolution des concentrations de CO₂, des COV légers et des COV totaux** (somme des concentrations de chacun des composés en équivalent toluène).

Les lycéens sont entrés dans leur nouveau lycée le 12 mars 2013, le suivi en continu a débuté le 15 mars et a duré jusqu'au 24 juin 2013.

3.3.1 Le CO₂

La courbe d'évolution de la concentration du CO₂ (figure 15) met en évidence deux phases distinctes :

- **De la mise en service à mi-avril 2013** : une panne de la carte électronique de la centrale de traitement d'air (ventilation) de la partie centrale du bâtiment, dans laquelle est située la salle 216, a conduit à des niveaux très élevés (4000 à 5000 ppm). Il faut noter que la panne avait été détectée dans le cadre de la gestion du bâtiment sans l'aide des mesures.
- **De mi-avril à mi-juin 2013** : Pendant les heures de présence des élèves, les concentrations maximales de CO₂ dépassent peu 1000 ppm, traduisant un renouvellement de l'air efficace pour évacuer le CO₂ produit par la respiration des élèves.

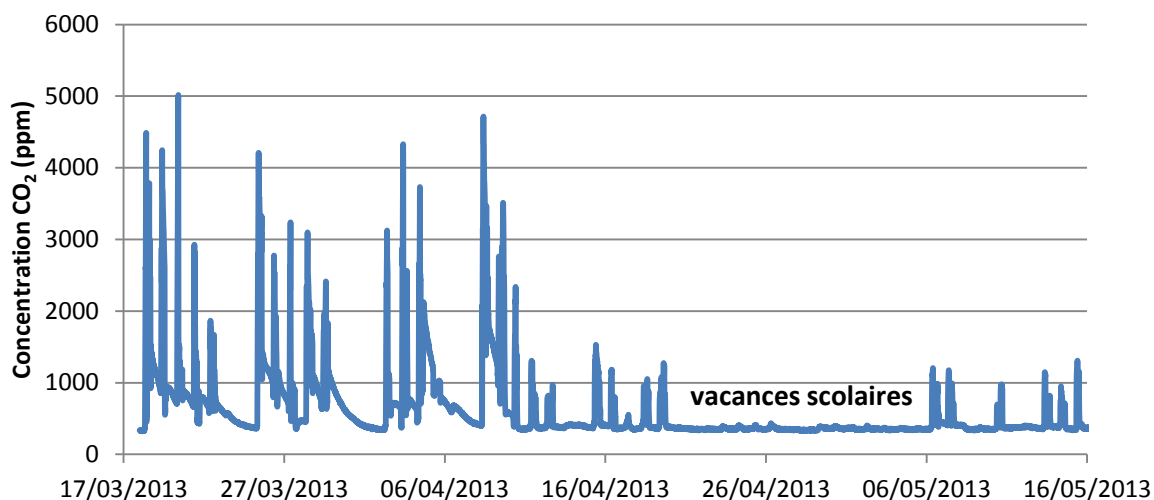


FIGURE 15: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION DE CO₂ DANS LA SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES

La superposition de l'évolution du CO₂ sur différentes semaines montre bien qu'avant le fonctionnement correct de la ventilation, l'air de la salle n'est pas renouvelé d'un jour à l'autre avec des concentrations qui restent très supérieures à la concentration extérieure (350 ppm) même la nuit (figure 16).

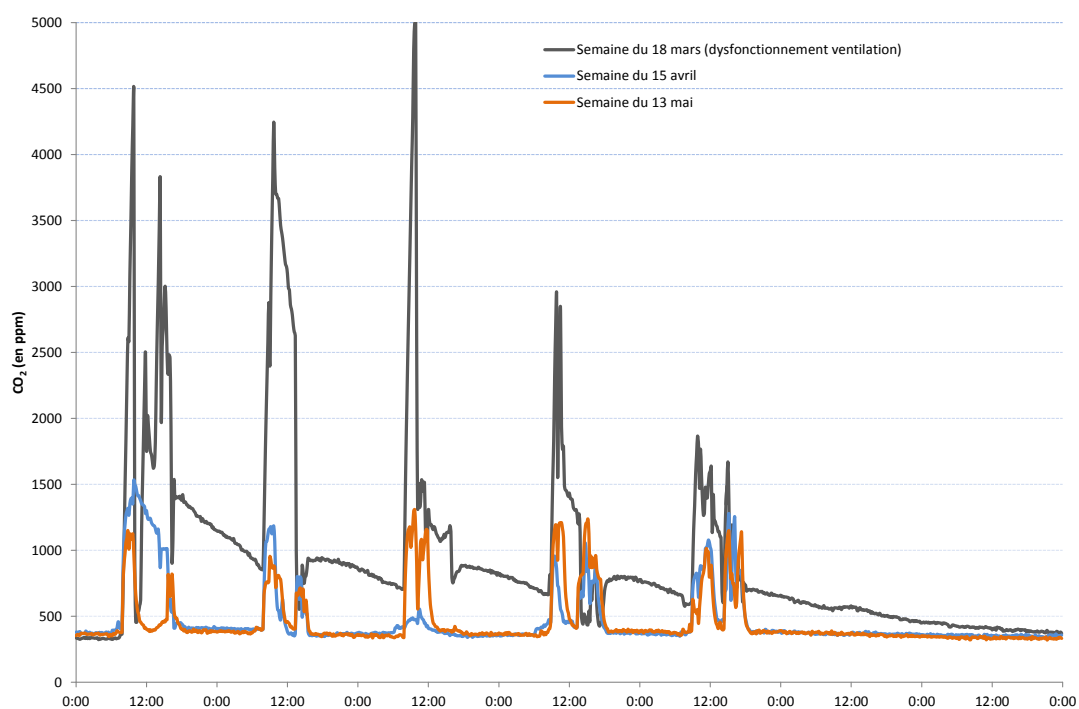


FIGURE 16 : EVOLUTION DU CO₂ DU LUNDI AU DIMANCHE SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES

3.3.2 Les composés organiques volatils

Comme pour le CO₂, deux phases sont à distinguer : avant et après la remise en fonctionnement normal de la ventilation de la partie centrale du bâtiment :

→ De la mise en service du lycée à mi-avril 2013 :

L'évolution des composés organiques volatils (totaux et légers) est différente de l'évolution du CO₂. En effet, les concentrations les plus fortes sont enregistrées en fin de nuit, traduisant l'accumulation de ces composés en l'absence de ventilation du bâtiment. La journée, les concentrations diminuent, en lien potentiel avec la ventilation des autres parties du bâtiment en restant toutefois importantes.

Les concentrations observées sont très élevées, même en journée lors de la présence des élèves, en regard des quelques références existantes.

En effet, pour les COV totaux, le seuil préconisé par la société Azimut Monitoring est fixé à 3000 µg/m³. Dans la littérature, il existe peu de références, une valeur cible existe en Allemagne⁹ égale à 300 µg.m⁻³.

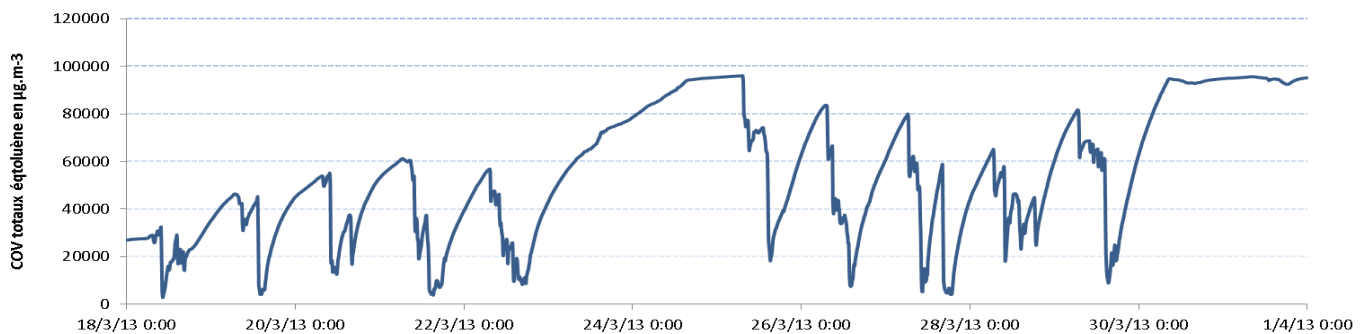


FIGURE 17 : EVOLUTION DES COV TOTAUX DU LUNDI 18 MARS AU DIMANCHE 31 MARS 2013 DANS LA SALLE 216

→ Après la remise en fonctionnement normal de la ventilation (mi-avril 2013) :

L'évolution des composés organiques volatils totaux après la remise en fonctionnement normal de la ventilation montre des concentrations qui diminuent fortement en tout début de matinée (environ 6h), forment un plateau en journée autour de 10 000 µg.m⁻³ et augmentent très fortement à partir de 18h environ, traduisant la présence de sources notables à l'intérieur du bâtiment.

Alors que les résultats en termes de CO₂ sont très satisfaisants après la remise en fonctionnement du bâtiment, les concentrations en COV totaux restent élevées en journée en présence des élèves. L'évolution des courbes montre qu'une surventilation serait nécessaire en début de vie du bâtiment pour évacuer les émissions des matériaux neufs.

⁹ Seifert, B., 1990. Regulating indoor air. In: Walkinshaw, D.S. (ed.), Indoor Air '90, Proceedings of the 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Toronto, Canada, July 29 -August 3, vol. 5, pp. 35-49

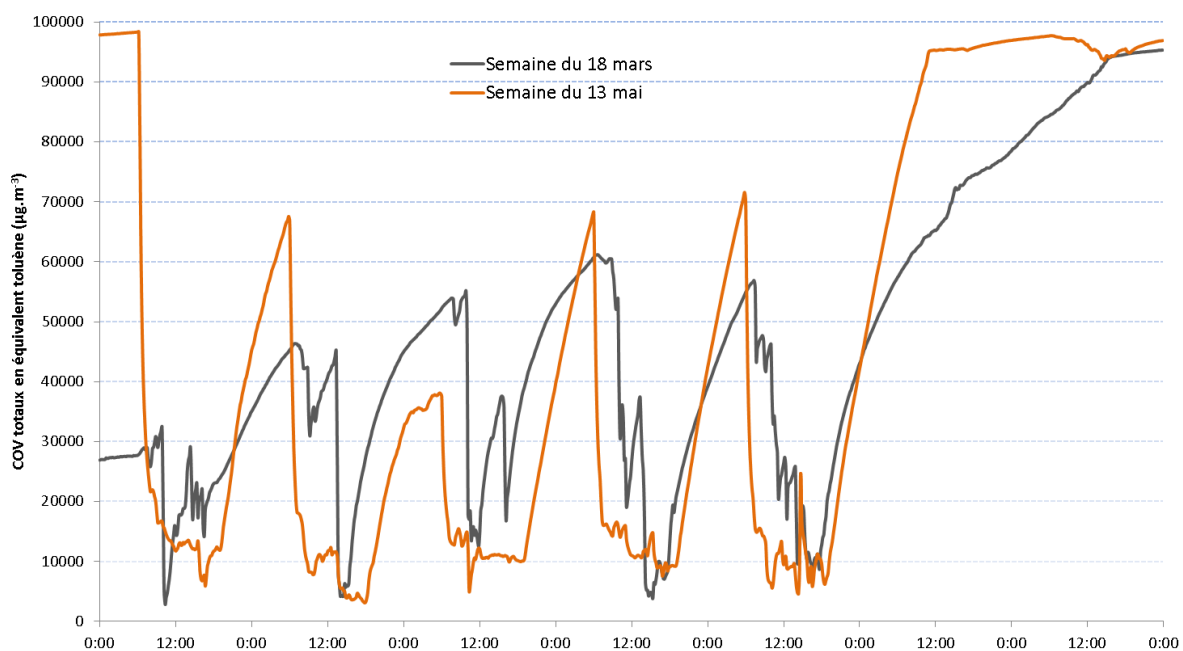
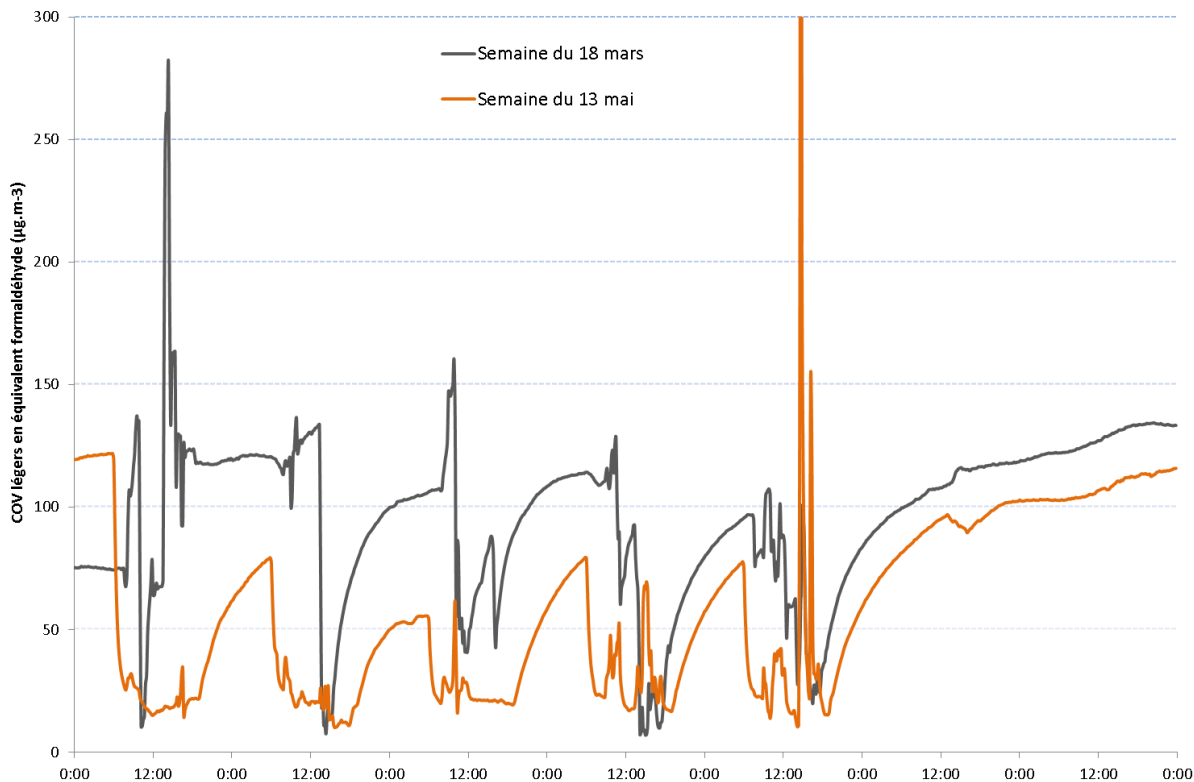


FIGURE 18 : COMPARAISON DE L'ÉVOLUTION DES COV TOTAUX AVANT ET APRES LA REMISE EN FONCTIONNEMENT NORMAL DE LA VENTILATION

L'évolution des COV légers est sensiblement la même que les COV totaux. Toutefois, les concentrations en journée montrent plus de pics. Ces pics semblent liés plus à l'activité dans la salle qu'aux émissions des matériaux de construction.



Pour les COV légers, le seuil préconisé par la société Azimut Monitoring est fixé à $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Après la remise en fonctionnement de la ventilation, ce seuil est globalement respecté en journée.

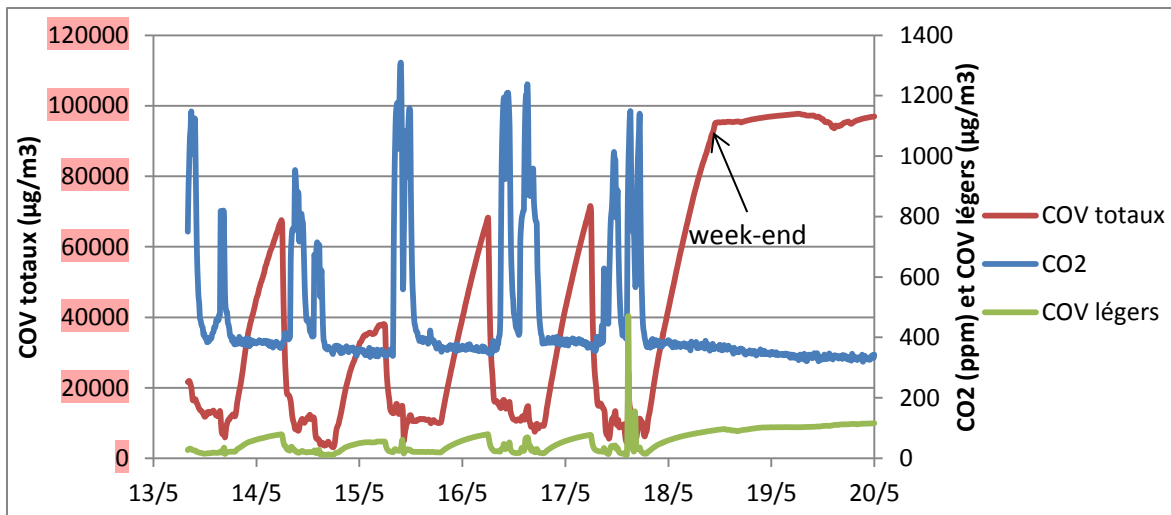


FIGURE 21: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION DE CO₂, COV TOTAUX ET COV LEGRS SUR UNE SEMAINE AUX LYCEES DES EAUX CLAIRES LA SEMAINE DU 13 MAI

Dans le cas d'une surveillance réglementaire avec des tubes à diffusion passive, moyennant les concentrations sur la période du lundi au vendredi, on peut constater que les concentrations obtenues seraient nettement supérieures aux concentrations observées en période de présence des élèves.

Ainsi, si la balise utilisée n'est pas un moyen de mesure normalisée pour le suivi de la qualité de l'air intérieur, elle permet d'avoir des informations pertinentes sur la dynamique des concentrations au cours d'une période donnée.

3.4. Quel retour d'expérience sur la gestion de la qualité de l'air intérieur par les usagers ?

Les mesures réalisées ont montré que dans certains lycées, non équipés de ventilation mécanique, les concentrations de CO₂ pouvaient atteindre des concentrations élevées de l'ordre de 4000 ppm. Afin de tester des dispositifs permettant la gestion de la qualité de l'air par les occupants en l'absence de ventilation, une expérimentation a été menée dans deux établissements.

Après la semaine de mesures hivernale de l'étude, un détecteur de CO₂ équipé de trois voyants lumineux a été installé :

- dans les salles B9 et 130 du lycée Albert Camus à Rillieux la pape
- dans les salles A207 et B320 du lycée Lacassagne à Lyon



Les voyants du détecteur passent d'une couleur à l'autre en fonction de la concentration de CO₂. Les consignes pour les professeurs étaient les suivantes :

VERT : les niveaux de CO₂ sont faibles, vous n'avez rien à faire.

ORANGE : les niveaux de CO₂ sont modérés,

ROUGE : l'air est confiné, il est recommandé d'ouvrir les fenêtres pour aérer.

Si le voyant est rouge à l'arrivée dans la salle au début du cours, **les fenêtres doivent être ouvertes pendant 5 minutes au début du cours.**

4. Conclusions

Cette étude avait pour objectif principal d'évaluer la qualité de l'air intérieur de différents lycées de la région Rhône-Alpes, sélectionnés pour leurs caractéristiques thermiques (lycées neufs ou ayant fait l'objet d'une rénovation thermique). La méthodologie utilisée s'est appuyée sur celle de la future réglementation sur la surveillance de l'air intérieur dans les établissements recevant du public, complétée d'une visite préliminaire afin de sensibiliser les gestionnaires à la problématique de la QAI et de mesures de polluants additionnels afin de documenter d'éventuelles spécificités.

Deux expérimentations complémentaires ont été réalisées afin d'étudier l'évolution des concentrations lors de la mise en service d'un lycée neuf ainsi que la possibilité de gestion de la qualité de l'air intérieur par les occupants (boitier lumineux et aération des salles).

Bien que non représentatifs de l'ensemble des lycées de la région Rhône-Alpes, les résultats obtenus ont permis de répondre aux questions suivantes :

Quelle est la situation des lycées étudiés vis-à-vis de la future réglementation ?

- Les concentrations en benzène respectent la valeur guide de 2013 dans l'ensemble des salles observées. Seule une classe dépasse la valeur de 2016.
- De même, il n'y a qu'une salle (un CDI) qui présente des concentrations en formaldéhyde supérieures à la valeur guide de 2015.
- En revanche, le renouvellement d'air n'est pas satisfaisant dans plusieurs salles où les concentrations de CO₂ atteignent des teneurs parfois très élevées (5000 ppm) qui traduisent un confinement très élevé. Ce constat est valable dans les lycées ne disposant pas d'une ventilation mécanique performante. Les lycées récents disposant d'une VMC double flux (Les Eaux Claires, Germaine Tillion) en revanche présentent un renouvellement d'air satisfaisant en occupation normale. Les concentrations élevées dans une salle de classe, située dans le bâtiment administratif du lycée Germaine Tillion, souligne la nécessité de faire attention à l'usage des salles.

Les lycées étudiés présentent-ils des spécificités par rapport aux polluants étudiés ?

Pour la plupart des composés mesurés, les résultats ne montrent pas de spécificités. En revanche, le **limonène** présente les concentrations les plus importantes dans les bâtiments intégrant du bois dans la construction. **L'alpha-pinène** n'a été recherché qu'au lycée des Eaux Claires et présente des concentrations importantes dans les salles disposant d'un habillage bois. Les concentrations sont supérieures aux quelques références disponibles dans des études françaises et à la valeur guide recommandée. Ce constat souligne la nécessité dans ces bâtiments présentant une grande étanchéité à l'air d'augmenter le renouvellement d'air dans les premiers mois afin d'évacuer les émissions des matériaux neufs.

Quel retour d'expérience sur la qualité de l'air intérieur lors de la mise en service d'un lycée neuf ?

Le suivi en continu des concentrations en CO₂, COV légers et COV totaux du lycée des Eaux Claires lors de sa mise en service en mars 2013 a montré des concentrations élevées de COV. Malgré une diminution nette en journée, lors du fonctionnement de la ventilation, ces concentrations restent élevées en présence des élèves traduisant le besoin d'un renouvellement d'air supérieur dans le cadre du « début de vie » du bâtiment.

Les mesures réalisées en continu montrent un potentiel d'émissions encore élevé 3 mois après la mise en service qui est confirmé par des mesures effectuées par les tubes à diffusion passive réalisées lors de l'année scolaire suivante. Ainsi, il conviendra de refaire une étude dans quelques mois ou années pour voir l'évolution des niveaux.

Par ailleurs, les premiers résultats montrent également que dans le cas de bâtiments très étanches à l'air, il convient d'être particulièrement vigilant au bon fonctionnement de la ventilation.

Quel retour d'expérience sur la gestion de la qualité de l'air intérieur par les usagers ?

L'utilisation d'un indicateur lumineux qui change de couleur en fonction des concentrations de CO₂ dans les salles observées a permis de sensibiliser davantage les professeurs et les élèves à l'ouverture plus régulière des fenêtres. Ces actions ont entraîné une diminution du confinement lorsque les consignes ont été respectées. Toutefois, même si les professeurs semblent plutôt favorables à une généralisation de la méthode, il apparaît des freins à l'aération régulière des fenêtres, comme le confort, bruit ou température, l'impossibilité d'ouvrir pour des raisons pratiques. L'aération se révèle également insuffisante dans certains cas.

Quel est le lien entre performance énergétique et qualité de l'air intérieur ?

A la lumière des différents résultats obtenus, il est difficile d'établir une corrélation évidente entre performance énergétique et qualité de l'air intérieur. On peut néanmoins souligner les éléments suivants :

- **la présence d'une ventilation performante dans les lycées neufs permet de renouveler l'air de manière suffisante pour évacuer le CO₂ produit par les élèves** et donc réduire le confinement dans les salles de classe.
- En cas d'occupation importante, comme c'est souvent le cas dans les lycées (35 élèves), **les concentrations de CO₂ peuvent atteindre des valeurs élevées dans des salles ne bénéficiant pas de système de ventilation spécifique** et pour lesquelles les entrées d'air sont limitées (cas des rénovations thermiques).
- **les concentrations relevées sont plutôt homogènes pour l'ensemble des lycées**, excepté pour les quelques composés cités précédemment (limonène et alpha-pinène). La présence de ces composés est plutôt liée aux matériaux utilisés qu'aux contraintes de performance énergétique. En revanche, **il apparaît qu'en cas d'émissions de polluants importantes, la ventilation dimensionnée pour évacuer le CO₂ se révèle parfois insuffisante, notamment dans le cas de bâtiments neufs.**

Afin d'anticiper la future réglementation, et de manière plus générale, assurer une bonne qualité de l'air intérieur dans les lycées, les recommandations suivantes (non exhaustives) peuvent être formulées :

Dans le cas de bâtiments neufs,

- S'engager dans une démarche HQE en choisissant un niveau de performance exigeant (performant ou très performant) pour la cible dédiée à la QAI (cible 13).
- Surventiler le bâtiment pour évacuer les polluants des matériaux neufs en mettant en place éventuellement un suivi en continu de la qualité de l'air intérieur.
- Choisir des produits de construction et de décoration étiquetés A ou A+
- Prévoir une formation à l'utilisation du bâtiment pour les futurs utilisateurs.

Dans le cas de travaux,

- Réaliser si possible les travaux d'aménagement et de mise en place de nouveaux mobiliers en début de congés scolaires, laissant ainsi le temps pour une aération prolongée.
- Avoir une vision globale du bâtiment lors des réaménagements, des travaux d'entretien, aménagements des salles /ateliers, ...et notamment respecter l'usage des salles.

Au fil de l'usage des bâtiments,

- Réaliser l'entretien et le nettoyage après le départ des élèves, avec des produits le moins émissifs possible et aérer les pièces lors du nettoyage.
- Stocker les produits utilisés pour les travaux pratiques dans les armoires prévues à cet effet.
- **Assurer un bon entretien des systèmes de ventilation**, cela est d'autant plus important dans les bâtiments peu perméables à l'air.
- **Sensibiliser les gestionnaires et les occupants** à la problématique de la qualité de l'air intérieur, en rappelant notamment **l'importance de l'aération dans les bâtiments non équipés de ventilation mécanique.**



	CDI	4,2	2,0	5,4	0,5	0,5	1,6
	extérieur	1,9	0,8	2,3	<0,4	<0,6	<0.5
M.Gimond (Bât A)	A109	4,0	1,5	4,9	<0,4	0,4	0,8
	A204	4,4	1,4	3,9	<0,4	0,5	0,9
	A309	4,8	1,7	5,7	<0,4	0,5	1,1
	A400	5,0	1,7	6,0	<0,4	0,5	1,1
	extérieur	1,9	0,9	6,3	<0,4	<0,6	<0.5

ANNEXE 2 : Bilan Internat du Lycée F.BUISSON – Voiron

Adresse : Boulevard Edgard KOFLER, 38500 Voiron

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	19/11/2012	23/11/2012
Période chaude	15/04/2013	19/04/2013

Remarques préliminaires :

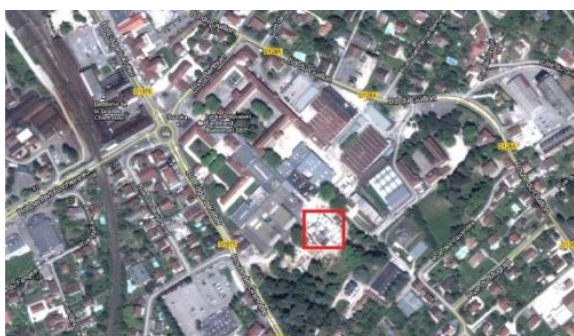
Le lycée F. Buisson fait l'objet de travaux de réaménagement ou de constructions depuis plusieurs années. Ces travaux devraient encore se poursuivre durant 2 à 3 ans.

Le bâtiment étudié dans cette enceinte scolaire est le bâtiment réservé à l'internat. Cette partie a été terminée en début d'année scolaire (09/2012) et est occupée depuis cette période.

Le bâtiment est un bâtiment passif (< 15 kWh/m²/an). Les différents réglages relatifs à son utilisation (ventilation, chauffage ...) sont en cours de réalisation.

1. Etat des lieux

1.1 Les abords



Le lycée se trouve dans une zone urbaine dense à proximité d'un axe important de circulation (12300 véhicules/jour - donnée 2010). Le bâtiment constituant l'internat est en retrait vis-à-vis de la route (100 m environ). Il est entouré d'une zone de chantier importante et d'un espace vert à l'arrière du bâtiment. L'impact de la voirie sur la qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment semble donc assez limité. Par contre, les travaux liés au chantier extérieur peuvent générer une source importante de pollution (particules en particulier).

1.2. L'établissement :



L'établissement est un bâtiment ossature béton avec un bardage bois naturel non traité. Le rez-de-chaussée est occupé par le foyer étudiant et les trois étages supérieurs par les chambres.

Les sols des chambres et passages sont recouverts de linoléum végétal, les sanitaires et l'espace foyer de carrelage.

On peut noter la présence importante de bois dans chaque espace. Le bois utilisé n'est pas traité et ne devrait donc pas être à l'origine d'émissions importantes de polluants.

1.3. Le renouvellement d'air :

Le renouvellement d'air est assuré par trois systèmes de ventilation double flux. Le plus important assure le renouvellement d'air dans les chambres et salles de bain individuelles, le deuxième, moins important, concerne les sanitaires communs et pièces de service et le troisième assure le renouvellement d'air dans l'espace "foyer étudiants". Ses systèmes sont aussi utilisés pour le chauffage du bâtiment.

Lors de notre visite, les différents systèmes de renouvellement d'air étaient encore en phase de réglage (technicien présent dans le bâtiment). Des différences importantes de débit d'extraction et d'insufflation d'air étaient d'ailleurs perceptibles selon les espaces visités. Compte tenu de la complexité du système de renouvellement d'air, cette phase de réglage présente un intérêt tout particulier. Lors de la réception définitive du bâtiment, cet aspect devra faire l'objet d'une attention toute particulière.

Le renouvellement d'air assuré par la VMC double flux peut être complété par une aération du bâtiment par ouverture des fenêtres. C'est d'ailleurs ce qui a été demandé aux occupants qui doivent les entrebâiller une dizaine de minutes chaque matin.

A première vue, l'entrebâillement des fenêtres (et non l'ouverture totale) peut paraître insuffisant quant au bon renouvellement d'air dans les chambres. Toutefois, l'usage particulier de ce bâtiment peu occupé en journée, permet de conserver des concentrations de polluants et de dioxyde de carbone plus importantes au cours de la journée sans pour autant créer une gêne pour les occupants. Le renouvellement d'air assuré par la VMC peut être suffisant pour compléter l'aération matinale et assurer une bonne qualité de l'air lorsque les étudiants reviennent dans leur chambre en soirée. Les mesures de polluants (CO₂ en particulier) devraient permettre de vérifier ou non cette hypothèse.

1.4. Le ménage et l'entretien :

Les produits d'entretien sont stockés dans des pièces indépendantes situées au centre du bâtiment au niveau de chaque étage. Ces pièces sont équipées d'une extraction d'air ce qui contribue à limiter la diffusion des polluants issus des produits d'entretien à tout l'étage et en particulier dans les couloirs. Le stockage de ces produits dans une pièce complètement indépendante (au rez-de-

chaussée par exemple) et leur présence dans les étages uniquement lors des travaux de ménage élimineraient toute possibilité de contamination liée au stockage de ces produits.

Lors de notre visite, qui s'est déroulée pendant que les agents d'entretien étaient présents, une forte odeur de produit d'entretien était perceptible. Il est recommandé d'effectuer les travaux de ménage en dehors de la période de présence des étudiants (ce qui est le cas pour cet établissement) et d'assurer un renouvellement d'air suffisant après l'application des produits afin que la plus grande partie des vapeurs polluantes soit éliminée. Pour atteindre ces objectifs, le ménage pourrait débuter le plus tôt possible après le départ des étudiants en matinée pour se terminer bien avant le retour des étudiants.

1.5. Le ressenti du personnel :

Lors de notre visite, les personnes en charge du ménage nous ont fait part de leur sensation de confinement, sauf au niveau du foyer dans lequel le débit d'extraction d'air est nettement supérieur au reste du bâtiment. Les réglages définitifs des VMC devraient minimiser cet aspect.

Ces personnes nous précisent aussi une augmentation assez nette de la quantité de poussière au sol par rapport à l'ancien bâtiment. Les quelques travaux encore en cours dans le bâtiment, le chantier extérieur et la présence de revêtement de sol lisse qui ne masque pas les poussières pourraient expliquer cette estimation. Un suivi dans le temps de cet aspect est donc à prévoir.

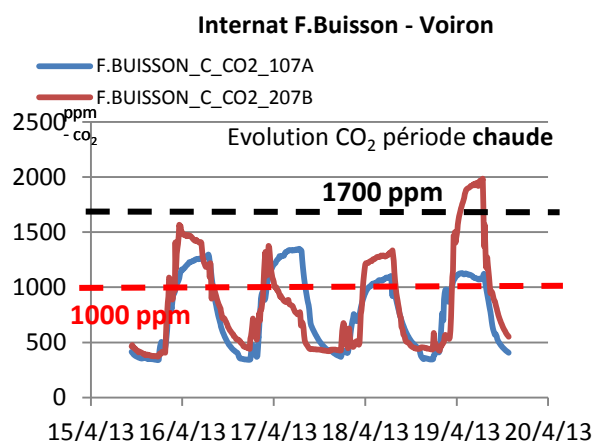
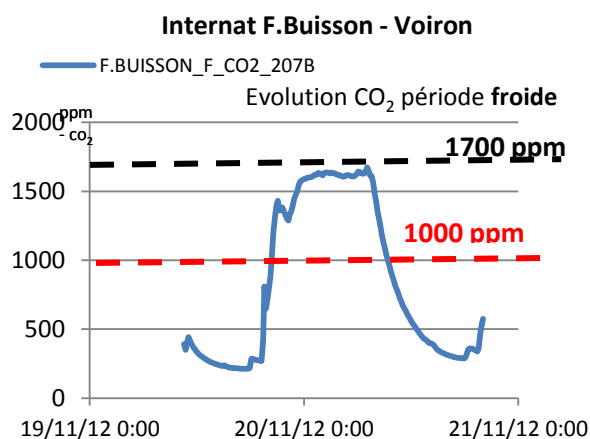
2. Conclusion :

Ce bâtiment de type BBC vient d'être terminé et de nombreux réglages restent encore à effectuer afin de disposer d'un bâtiment économe en énergie au sein duquel la qualité de l'air devrait être satisfaisante. La visite que nous avons effectuée n'a pas mis en évidence de dysfonctionnement majeur ou de sources de pollution importantes. Plusieurs paramètres liés au fonctionnement du bâtiment restent encore à affiner et devraient permettre d'atteindre une qualité environnementale satisfaisante.

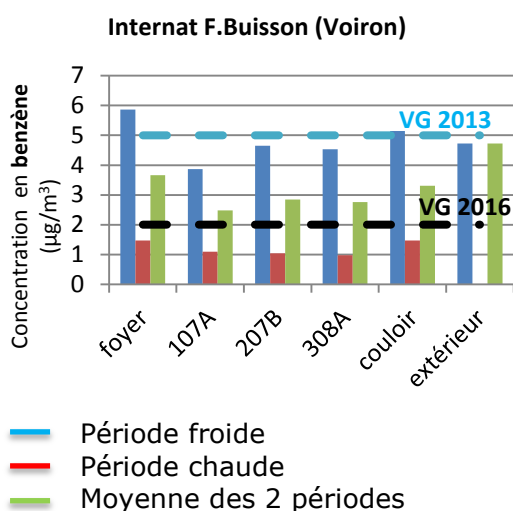
Les conditions d'utilisation d'un bâtiment de ce type sont essentielles à un confort optimal. La formation des occupants et des personnes en charge de son entretien reste donc un élément important, tant dans le but d'économies d'énergie que d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Il est important de prévoir cette formation le plus tôt possible lors de la mise en service des locaux. Un livret d'information devra aussi être remis de façon à ne pas perdre d'informations au fur et à mesure des changements de gestionnaires.

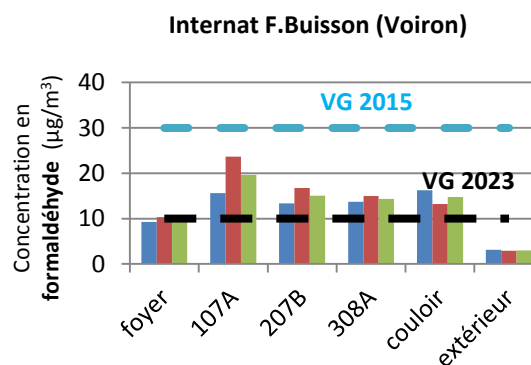
Le dioxyde de carbone



Le benzène



Le formaldéhyde



Commentaires

L'internat F.Buisson de Voiron est un bâtiment passif. Le renouvellement d'air est assuré par une VMC. Cependant, on constate que cela n'est pas suffisant pour assurer une bonne ventilation de l'air en période chaude (chambre 207B) avec une concentration qui atteint 2000 ppm (confinement élevé). La ventilation doit donc parfois être complétée par une ouverture des fenêtres. Un ajustement du débit pourrait également être envisagé.

En période froide, les concentrations de benzène sont dans l'ensemble légèrement inférieures à la valeur guide 2013 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cependant, les niveaux mesurés en intérieur sont plutôt élevés par rapport aux autres établissements. Ils sont équivalents aux niveaux mesurés en extérieur ce qui traduit des sources externes, comme l'axe de circulation important (12000 véhicules/jour) situé à proximité de l'internat.

Les rapports entre les niveaux de formaldéhyde intérieur et extérieur montrent la présence de sources au sein de l'établissement, les matériaux récents du lycée sont probablement à l'origine de ces rejets. La concentration en formaldéhyde est toujours plus importante en période chaude qu'en période froide. Certains matériaux émettent en effet plus de composés organiques volatils lorsque la température augmente.

ANNEXE 2 : Bilan du Lycée Les EAUX CLAIRES - Grenoble

Adresse : 7, rue de Dunkerque, 38030 Grenoble

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	06/01/2014	10/01/2014
Période chaude	23/09/2013	26/09/2013

1. Etat des lieux

1.1 Les abords

Le lycée se trouve en zone urbaine. L'ensemble des bâtiments se situe à environ 150 mètres au sud du boulevard Joseph Vallier (environ 38 000 véhicules/jour – données 2006). La rue des Eaux Claires (environ 6000 véhicules/jour) longe les bâtiments à l'ouest.



1.2 L'établissement

Cet établissement est une construction neuve HQE (Haute Qualité Environnementale), il a été ouvert aux élèves au mois de mars 2013. Le bâtiment principal d'enseignement est en ossature bois.

Les menuiseries sont en bois avec du double vitrage. Le revêtement de sol dépend de l'étage. Au rez-de-chaussée et dans les salles de TP du 3^{ème} étage, les salles sont équipées de carrelage. Les autres salles possèdent un revêtement plastique.

Les habillages bois sont très présents dans les salles aux murs et aux plafonds. Certaines salles présentent une très grande hauteur sous plafond.



UNE SALLE DU 2^{EME} ETAGE.

Le CDI dispose d'une moquette au sol et de mobilier entièrement neuf. A l'entrée dans cette salle, on peut noter une odeur assez forte.

1.3 Le renouvellement d'air

Le renouvellement d'air est assuré par des centrales de traitement d'air (CTA). Le bâtiment principal dispose de 3 CTA indépendantes (Ouest, Centre, Est).

La prise d'air neuf se situe en façade.

Lors de la visite, les CTA étaient programmées pour fonctionner en permanence. Des réglages devaient encore être effectués par la suite.

Les fenêtres ne peuvent pas être ouvertes en grand mais seulement entrouvertes.

Lors de la visite, il nous a été signalé un dysfonctionnement de la ventilation au niveau du laboratoire de SVT. Ce dysfonctionnement avait déjà été porté à la connaissance des opérateurs du lycée.

1.4 Le ménage, l'entretien et le stockage des produits

Les produits d'entretien sont stockés dans le bâtiment ½ pension. Des centrales automatisées réalisent le dosage des produits. Selon les secteurs, le ménage est effectué entre 6 et 8h du matin ou entre 12 et 20h.

1.5 Le stockage des produits utilisés en SVT

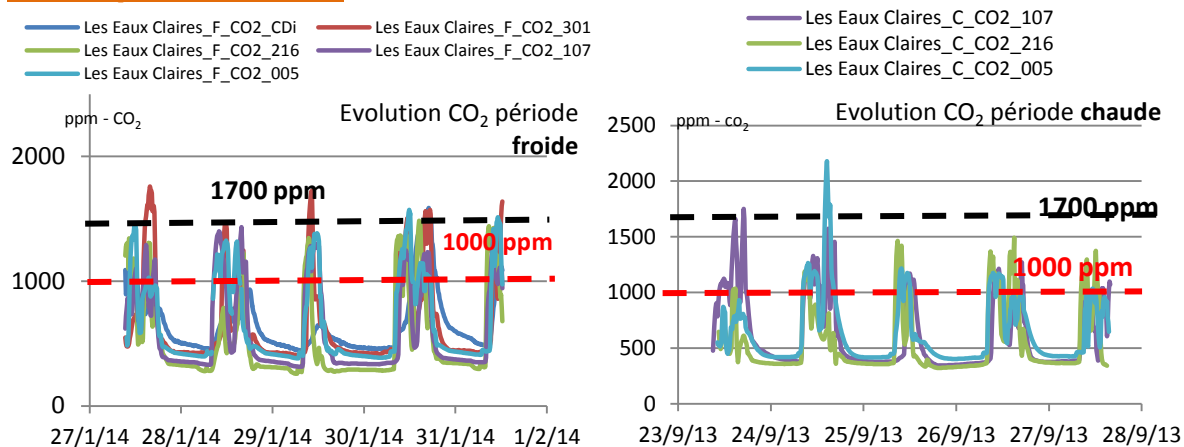
Les produits utilisés pour les cours de SVT sont stockés dans une armoire adaptée (ventilée et avec une extraction d'air spécifique) placée dans une salle indépendante aux salles de classe. Lors de notre visite, l'armoire fonctionnait normalement.

1.6 Humidité et moisissures

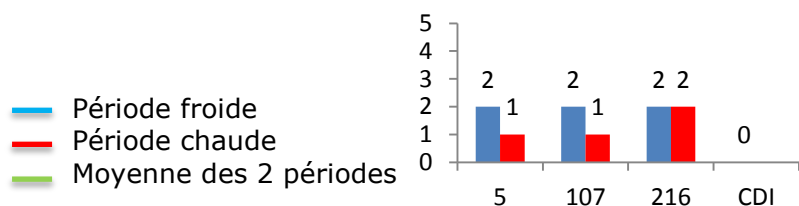
Aucune infiltration ou moisissure n'a été constatée lors de la visite.

Résultats

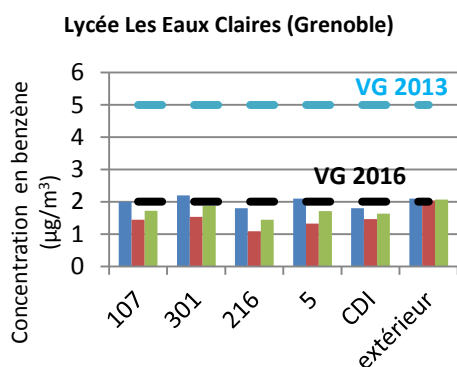
Le dioxyde de carbone



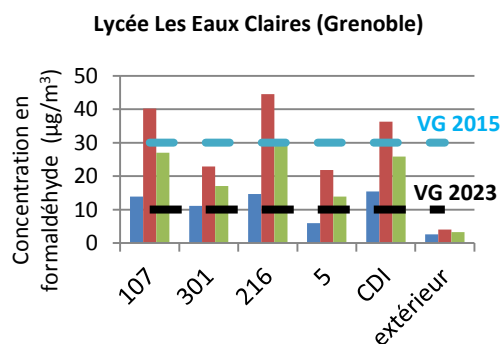
Indice de confinement Lycée Les Eaux Claires (Grenoble)



Le benzène



Le formaldéhyde



Commentaires

Le Lycée des Eaux Claires est un lycée HQE disposant d'un système de ventilation mécanique de l'air. Ainsi, les concentrations de CO₂ relevées au cours des deux campagnes ne sont qu'à quelques rares exceptions supérieures au seuil de 1700 ppm. Par conséquent, les indices de confinement sont faibles (entre 0 et 2).

Les niveaux de benzène présentent une bonne homogénéité entre les salles et restent inférieurs aux concentrations extérieures confirmant l'absence de source à l'intérieur de l'établissement. Les résultats obtenus sont inférieurs à la limite de protection de la santé humaine et en dessous de la valeur guide 2016.

Les rapports entre les niveaux de formaldéhyde intérieurs et extérieur montrent la présence de sources au sein de l'établissement. Les matériaux récents du lycée sont probablement à l'origine de ces rejets. Les concentrations en période chaude sont deux à trois fois supérieures aux concentrations relevées en période froide. Le suivi des concentrations en continu a montré que les concentrations de COV légers étaient très variables au cours de la semaine (alternance jour/nuit en fonction du fonctionnement de la ventilation). Les concentrations de formaldéhyde élevées peuvent s'expliquer en partie par l'accumulation la nuit.

ANNEXE 3 : Bilan du Lycée G.Tillion – Saint Bel

Adresse : 500 allée de Grand Champs, 69210 Saint Bel

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	21/01/2013	25/01/2013
Période chaude	13/05/2013	17/05/2013

1. Etat des lieux

1.1 Les abords



VUE DU QUARTIER



VUE DU LYCEE.

Cet établissement se situe sur la commune de Sain Bel, en zone rurale et n'est pas sous l'influence de source de pollution à proximité.

Il a déjà fait l'objet d'investigations lors de son ouverture. Les résultats des mesures sont présentés dans le rapport : Qualité de l'air intérieur dans les lycées de la région Rhône-Alpes – Etude de faisabilité dans 4 établissements (août 2010) disponible sur le site web d'Air Rhône-Alpes. Seules les concentrations de xylène dans le CDI présentaient des valeurs assez élevées. La présence de mobilier neuf en bois pouvait être à l'origine de ces valeurs. Les mesures qui seront effectuées cette année permettront de vérifier si les émanations liées aux matériaux et mobiliers neufs ont diminué.

1.2 L'établissement



LE LYCEE

Ce lycée, de construction récente (2008), répond aux critères de construction de type Haute Qualité Environnementale :

- chauffage au bois (granulés ou plaquette bois),
- eau chaude sanitaire par capteurs solaire,
- matériaux sains et régionaux,
- gestion et récupération des eaux de pluie,
- optimisation du recours à l'éclairage naturel en particulier pour les salles de cours. Il accueille 875 élèves.

L'établissement est construit sur deux étages et est composé de 4 ailes. Chaque aile accueille des activités différentes :

- Administration – CDI – réfectoire,
- Salle d'enseignement général,
- Salle de SVT,
- Salles enseignement sciences de l'Ingénieur.

Sa structure est de construction traditionnelle (béton). Les murs sont peints et les sols sont recouverts de linoléum végétal.

1.3 Le renouvellement d'air

Le renouvellement d'air est assuré par un système de ventilation mécanique double flux avec détecteur de présence dans les salles de classe et par une VMC simple flux dans le bâtiment administratif et les sanitaires. Lors de notre visite, le système VMC double flux fonctionnait correctement. Bien que nous n'ayons pas pu le confirmer, la VMC des sanitaires ne semblait quant à elle, pas fonctionner. Une vérification de cette installation est donc nécessaire.

Une interrogation subsiste aussi vis-à-vis du recyclage d'air dans le préau couvert. Les personnes présentes lors de la visite n'ont pu définir de façon précise le principe retenu pour ce recyclage.

1.4 Le stockage des produits utilisés en SVT

Les produits utilisés pour les cours de SVT sont stockés dans une pièce indépendante et dans des armoires adaptées (ventilée ou avec une extraction d'air spécifique). Lors de notre visite, les armoires fonctionnaient correctement.

1.5 Divers



Lors du nettoyage du sol recouvert de linoléum, une forte odeur (poisson pourri) apparaît jusqu'au séchage complet. Cette odeur n'est perceptible que pour le linoléum marron. Il serait intéressant de vérifier avec le fournisseur les causes éventuelles d'apparition de cette odeur.

2. Conclusion de la visite :

Nous n'avons pas mis en évidence de dysfonctionnement important susceptible d'avoir un impact négatif sur la qualité de l'air intérieur de cet établissement.

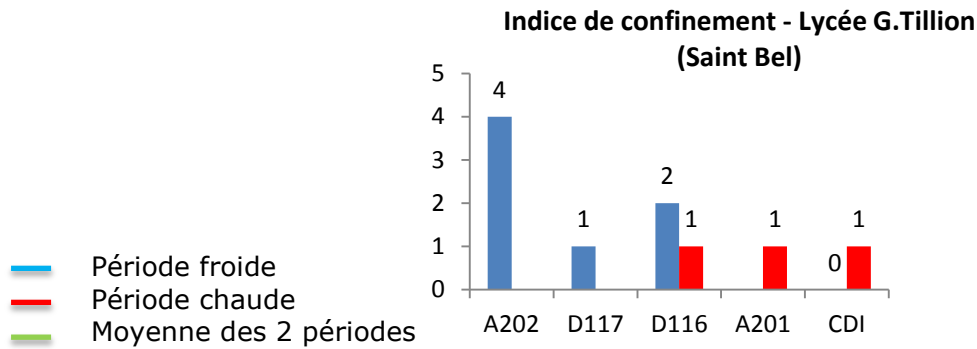
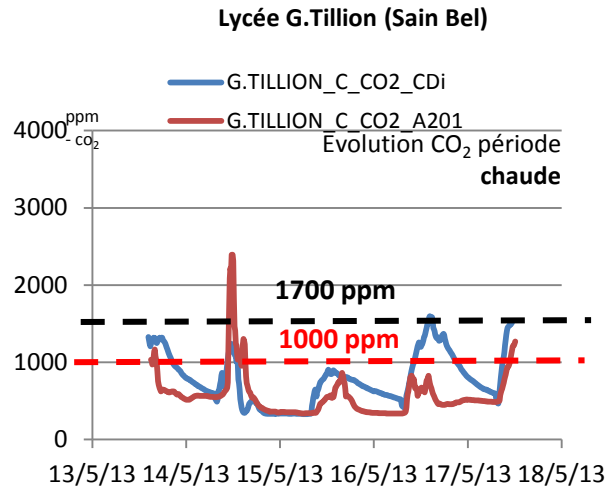
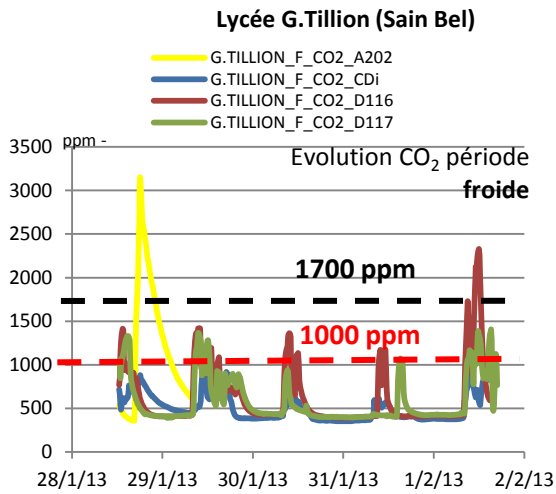
Les différents moyens mis en œuvre pour assurer un bon renouvellement d'air et limiter les émissions de polluants semblent efficaces même si quelques points restent à vérifier :

- VMC des sanitaires,
- Entretien des sols recouverts de linoléum marron.

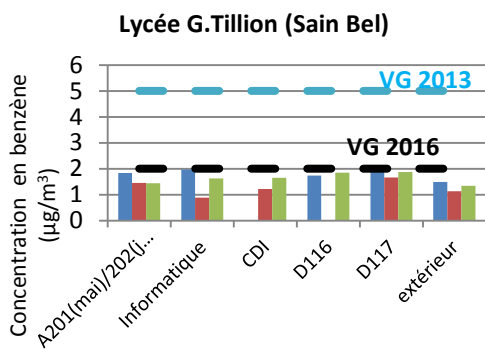
Les mesures que nous devons réaliser au cours de l'année scolaire permettront de vérifier cette approche. De même, elles permettront de vérifier l'évolution des concentrations relativement importantes de xylène que nous avons relevées au cours des campagnes précédentes.

Résultats

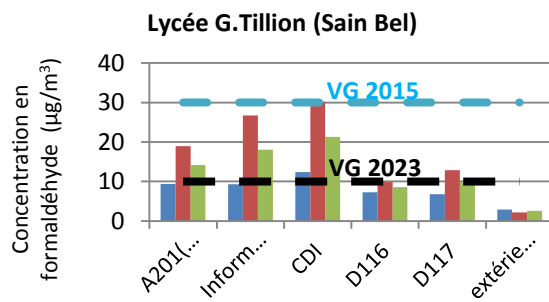
Le dioxyde de carbone



Le benzène



Le formaldéhyde



Commentaires

Le Lycée G.Tillion est un lycée récent équipé d'une VMC double flux. C'est pourquoi, dans l'ensemble, les concentrations de CO₂ relevées au cours des deux campagnes sont relativement faibles. En revanche, l'indice de confinement de la salle A202 est élevée. Cette salle est située dans le bâtiment administratif, il conviendrait de vérifier si le renouvellement d'air de cette pièce est adaptée à un usage en salle de cours (accueillant 35 élèves).

Les niveaux de concentration intérieur et extérieurs de benzène sont équivalents ce qui signifie qu'il n'y a pas de source intérieure qui favorise l'accumulation de benzène. Les concentrations respectent la valeur guide 2016 (2µg/m³).

Les rapports entre les niveaux de formaldéhyde intérieur et extérieur montrent la présence de sources au sein de l'établissement. Le CDI, la salle informatique et la salle 201 présentent des concentrations plus importantes en formaldéhyde qui peuvent être dues au revêtement. En effet, lors de l'investigation de ce lycée, l'entretien des sols recouverts de linoléum a laissé apparaître une odeur importante qui pourrait être à l'origine des concentrations élevées de formaldéhyde en période chaude. Un travail devra être envisagé pour le respect de la valeur guide 2015.

Enfin, les mesures de xylènes dans le CDI sont très inférieures aux niveaux observés en 2008 lors de la mise en service du bâtiment.

ANNEXE 4 : Bilan du Lycée A.Camus – Rillieux La pape

Adresse : 2179 Avenue de l'Europe, 69140 Rillieux la pape

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	13/01/2014	17/01/2014
Période chaude	23/09/2013	26/09/2013

1. Etat des lieux

1.1 Les abords



Le lycée se trouve en zone périurbaine. L'ensemble des bâtiments constituant la cité scolaire se situe à environ 150 au sud de la route du Mas Rillier (env 17 000 véhicules/j – données 2006), 100 m à l'est de l'avenue des Nations (env. 9000 véh/j – données 2006) et environ 600 à l'ouest de l'autoroute A46.

Le lycée se situe à environ 500m à l'ouest de l'usine d'incinération des ordures ménagères de Rillieux la Pape

1.2 L'établissement

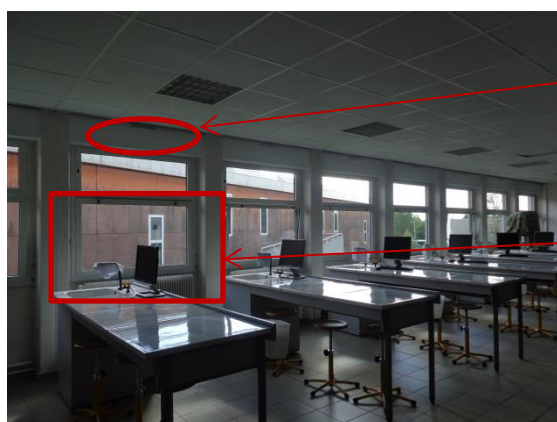
L'établissement fait partie d'une cité scolaire comprenant également le lycée professionnel Sermenaz. Il est constitué de nombreux bâtiments différents (cf. figure 3).

Sa structure est de construction traditionnelle (béton). Un étage du bâtiment C1 est semi-enterré. Chaque été, des travaux de peinture sont réalisés dans quelques salles. Les murs sont peints. Selon les salles, le sol est carrelé ou recouvert d'un revêtement plastique.

Le chauffage est assuré par le réseau de chaleur alimenté par l'Usine d'incinération.

1.3 Le renouvellement d'air

Dans ce lycée, les menuiseries ont été changées. Elles sont équipées d'une entrée d'air en partie haute.



Entrée d'air en partie haute

Partie s'ouvrant en oscillo-battant

Il n'y a pas de ventilation mécanique dans les bâtiments. Le CDI (Bâtiment V) est équipé de bouches d'extraction d'air. Celles-ci ne semblaient pas fonctionner au moment de notre passage. Les fenêtres s'ouvrent en oscillo-battants ce qui limite le volume d'air entrant dans les salles. Dans le bâtiment B1, comprenant des salles de travaux pratiques, les enseignants ont rapporté des odeurs envahissant tout le bâtiment lors de TP de combustion par exemple.

1.4 Le ménage, l'entretien et le stockage des produits

Les produits d'entretien sont stockés dans une pièce indépendante. Aucune émanation des différents produits stockés ne devrait être perceptible au niveau des salles de cours.

Nous n'avons pas eu de précision concernant les horaires d'entretien. Compte tenu de l'absence de ventilation mécanique, l'aération des salles de classe, pendant et après les périodes d'entretien, est donc nécessaire pour assurer une bonne élimination des émanations polluantes liées aux produits utilisés. Cette aération risque toutefois d'être limitée par l'ouverture faible des fenêtres (oscillo-battant).

1.5 Le stockage des produits utilisés en SVT

Les produits utilisés pour les cours de SVT sont stockés dans une armoire adaptée (ventilée et avec une extraction d'air spécifique) placée dans une salle indépendante aux salles de classe. Lors de notre visite, l'armoire fonctionnait normalement.

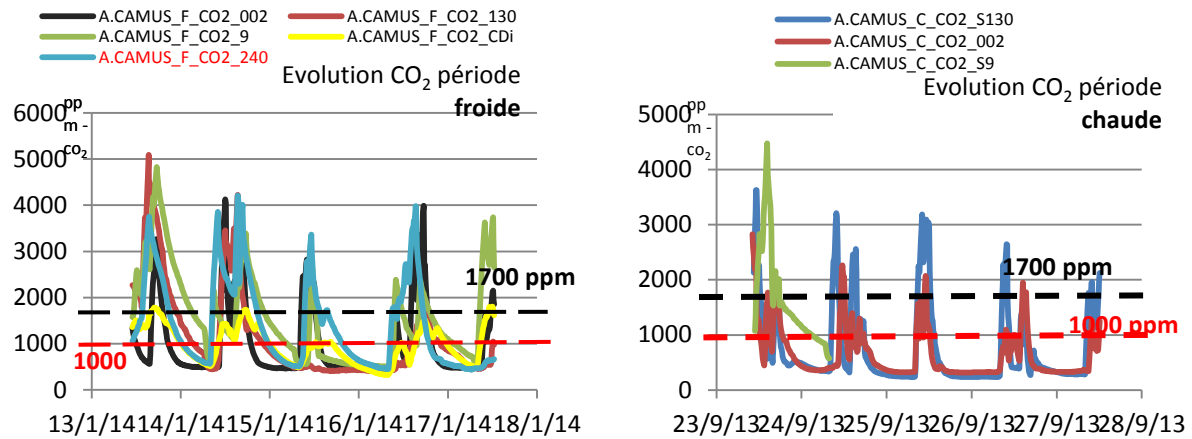
2. Conclusion

L'absence de renouvellement d'air par un système d'extraction mécanique induit probablement un confinement des salles en présence des élèves, d'autant plus que la possibilité d'ouverture des fenêtres est limitée. Les occupants, notamment de l'étage des salles de TP, ont fait part de cette sensation de confinement.

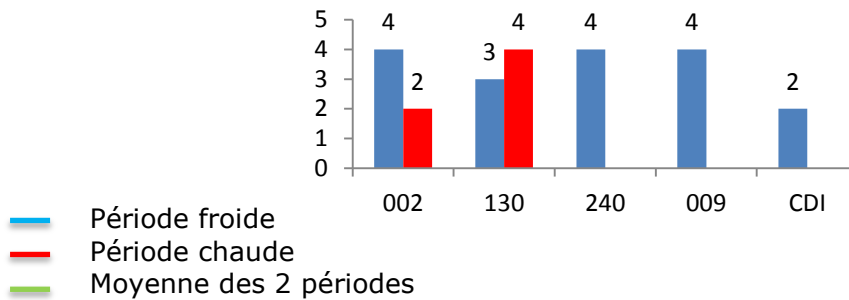
Les mesures permettront de quantifier le confinement et de vérifier l'impact des travaux de peinture dans quelques salles concernées.

Résultats

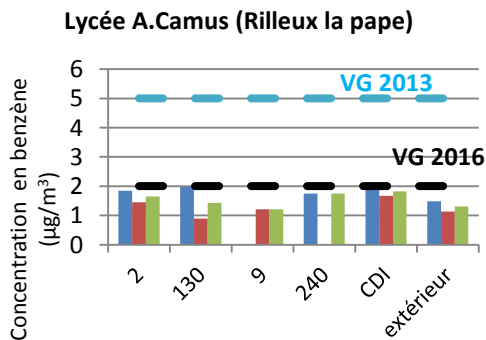
Le dioxyde de carbone



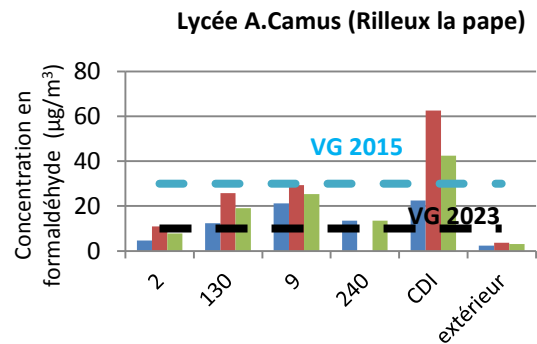
Indice de confinement - Lycée A.Camus (Rilleux la pape)



Le benzène



Le formaldéhyde



Commentaires

Les concentrations de CO₂ relevées au cours des deux campagnes sont régulièrement supérieures à 1700ppm dans les salles de classe pendant la présence des élèves avec des pics parfois très élevés (5000 ppm). Par conséquent, l'indice de confinement, qui n'est calculé que sur la période de présence des élèves, est souvent élevé pour les salles investiguées (4), ce qui traduit un confinement extrême. Ce confinement s'explique par une occupation élevée de la salle en période de cours (35 élèves) et une absence de renouvellement d'air efficace. Une aération plus régulière des salles (ouverture des fenêtres) permettrait de réduire ce confinement.

Les niveaux de benzène présentent une bonne homogénéité entre les salles et restent inférieurs aux concentrations extérieures confirmant l'absence de source à l'intérieur l'établissement. Les résultats obtenus respectent la valeur guide 2016.

Dans les salles de classe, les concentrations en formaldéhyde restent en dessous de la valeur guide à atteindre en 2015. En revanche, le CDI présente des concentrations plus importantes en formaldéhyde qui peuvent être dues aux livres et magazines neufs. Un travail devra être envisagé pour le respect de la valeur guide 2015. Les analyses de tous les composés montrent des émissions plus fortes en période chaude en comparaison de la période froide.

ANNEXE 5 : Bilan du Lycée La Cardinière – Chambéry

Adresse : 191 Chemin de La Cardinière, 73000 Chambéry

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	04/02/2013	08/02/2013
Période chaude	20/05/2013	24/05/2013

1. Etat des lieux

1.1 Les abords

Le lycée se trouve en périphérie d'une zone urbaine dense. Le lycée est assez éloigné de tout axe de circulation (150 m environ) et est bordé d'une part d'espaces verts et de l'autre par le lycée Monge. Aucune source de pollution importante n'est présente à proximité.



1.2 L'établissement

L'établissement est constitué principalement de deux bâtiments d'enseignement de 4 étages chacun reliés par un hall.

Sa structure est de construction traditionnelle (béton). Les murs sont peints et les sols sont carrelés au rez-de-chaussée et recouverts d'un revêtement plastique aux étages supérieurs.

L'ensemble de l'établissement a fait l'objet de travaux d'isolation par l'extérieur et les fenêtres ont été changées à cette occasion.

1.3 Le renouvellement d'air

A l'origine, le renouvellement d'air des deux bâtiments était assuré par un système de ventilation naturelle. Cette ventilation était complétée par les nombreuses entrées d'air qui pouvaient subsister au niveau des fenêtres.

A la suite des travaux d'isolation, aucun système de renouvellement d'air mécanique (VMC) n'a été mis en place, y compris dans les sanitaires. La réglementation en matière de ventilation n'impose pas de système de ventilation spécifique. Il est encore admis aujourd'hui la possibilité de ventiler les salles de classe par ouverture des fenêtres (ce choix est pénalisé au niveau des déperditions dans les nouveaux calculs réglementaires – RT2000 – car il occasionne des pertes d'énergies importantes).

Compte tenu des modifications apportées à la structure du bâtiment (étanchéité renforcée) et l'absence actuelle de VMC, il semble important de rappeler aux enseignants la nécessité d'aérer les salles de classe à la fin de chaque cours (10 mn au maximum).

Les mesures de confinement que nous devons réaliser, devraient permettre de mieux définir les périodes et durées d'ouverture des fenêtres afin de minimiser les déperditions d'énergie.



1.4 Le ménage, l'entretien et le stockage des produits :

Les produits d'entretien sont stockés dans des pièces indépendantes en dehors des espaces d'enseignement. Aucune émanation des différents produits stockés ne devrait être perceptible. D'après Madame Gagliardi, le nettoyage et l'entretien des salles de classe est effectué tôt le matin avant l'arrivée des élèves et dans l'après-midi en présence des élèves. L'aération des salles de classe, pendant et après les périodes d'entretien, est absolument nécessaire pour assurer une bonne élimination des émanations polluantes liées aux produits utilisés. Cet aspect est d'autant plus important qu'actuellement, aucun renouvellement d'air n'est assuré dans le bâtiment.

1.5 Le stockage des produits utilisés en SVT:

Les produits utilisés pour les cours de SVT sont stockés dans une armoire adaptée (ventilée et avec une extraction d'air spécifique) placée directement dans la salle de classe. Lors de notre visite, cette armoire ne fonctionnait pas. Il serait utile de rappeler aux enseignants concernés l'objectif de cette armoire (filtration et épuration des émissions de polluants) et la nécessité de la laisser fonctionner en permanence. Le risque de générer une gêne liée au ronronnement peut expliquer qu'elle soit arrêtée. Si tel est le cas, il serait alors nécessaire de la déplacer dans un local indépendant.



UNE ARMOIRE DE STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES.

1.6 Humidité et moisissures :

Quelques tâches d'humidité et la présence de moisissures sont visibles essentiellement sur les plafonds. Il semble que ces tâches soient liées à des fuites dans les différents réseaux. Afin de ne pas propager les moisissures éventuelles, une remise en état des points concernés est nécessaire.

PRESENCE D'EAU DANS LE VIDE SANITAIRE.



Une forte odeur d'humidité est perceptible au rez-de-chaussée de la montée d'escalier. Cette odeur provient certainement du vide sanitaire très humide (voire inondé). L'absence de renouvellement d'air dans l'ensemble du bâtiment favorise la diffusion de cette odeur dans les espaces communicants au vide sanitaire.

2. Conclusion :

La période transitoire de travaux nécessaires à la réhabilitation des locaux entraîne des conditions de renouvellement d'air pouvant nuire à la qualité de l'air dans les locaux. Les travaux futurs devront prendre en compte cet aspect en équipant les deux bâtiments d'un système de renouvellement d'air performant.

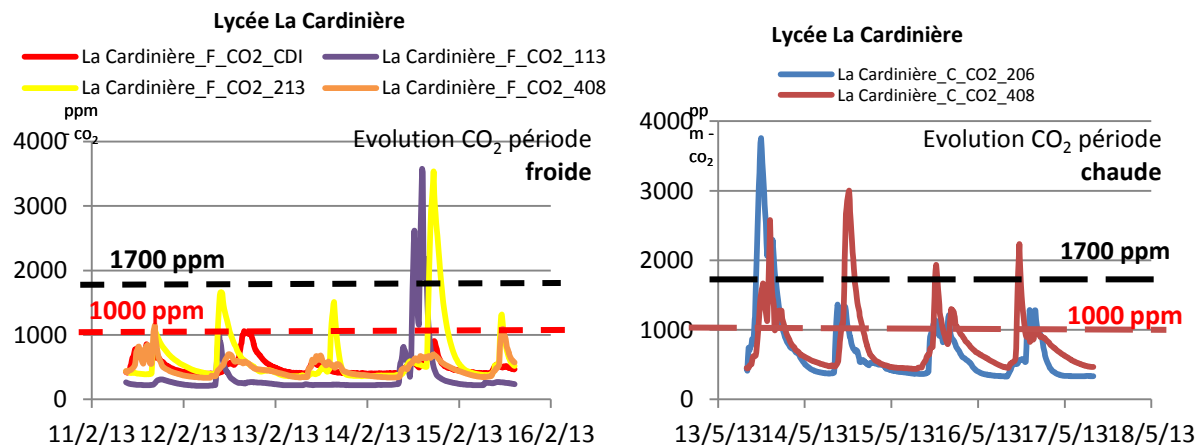
Afin de compléter ces travaux, une formation devra être prévue afin d'initier les occupants à la gestion de leur bâtiment. Il est important de prévoir cette formation le plus tôt possible lors de la mise en service des locaux. Un livret d'information devra aussi être remis de façon à ne pas perdre d'informations au fur et à mesure des changements de gestionnaires.

Au cours de cette période transitoire, l'ouverture des fenêtres par les enseignants demeure une nécessité. Les mesures de polluants et de confinement que nous devons réaliser devraient permettre de préciser les conditions d'aération à mettre en œuvre et de compléter les informations relatives à la qualité de l'air à l'intérieur de cet établissement.

Nous n'avons pas mis en évidence de source spécifique de polluants, ce qui pourrait permettre de conserver une qualité de l'air satisfaisante malgré le manque de renouvellement d'air.

Résultats

Le dioxyde de carbone



Annexe 6: Bilan du Lycée Lacassagne – Lyon

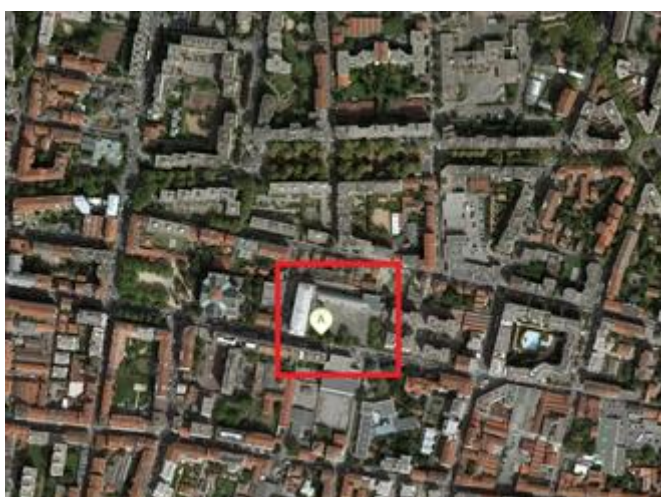
Adresse : 93 avenue Antoine Charrial, 69003 Lyon

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	14/01/2013	18/01/2013
Période chaude	13/05/2013	17/05/2013

1. Etat des lieux

1.1 Les abords



VUE DU QUARTIER.



Le lycée se trouve en zone urbaine dense. Il est longé d'un côté par une rue (2587 véhicules/jour – données 2006) et de l'autre côté par un ensemble de maisons individuelles. Hormis les émissions pouvant éventuellement provenir des cheminées des maisons voisines, aucune source de pollution importante n'est présente à proximité.

1.2 L'établissement



L'établissement est constitué de deux bâtiments d'enseignement de 4 étages pour le bâtiment A et de 3 étages pour le bâtiment B.

Sa structure est de construction traditionnelle (béton). Les murs sont peints et les sols sont carrelés sauf au dernier étage du bâtiment B qui est recouvert d'un revêtement plastique.

Toutes les fenêtres du bâtiment A ont été remplacées par des fenêtres plus étanches en PVC.

Un étage supplémentaire (3^{ème} étage) a été rajouté au bâtiment B. Cette extension est constituée d'une charpente métallique. Elle permet d'accueillir le CDI. De même, une extension du bâtiment a été réalisée sur 3 étages à l'arrière. Celle-ci accueille des salles de cours.



PRESENCE D'HUMIDITE.

1.3 Le renouvellement d'air

Dans les parties les plus anciennes des bâtiments, le renouvellement d'air est assuré par une ventilation mécanique. Les salles sont équipées de bouches d'entrées d'air neuf sur les fenêtres et d'extracteurs d'air sur le mur opposé aux fenêtres. L'extension du bâtiment B ne dispose d'aucun système de renouvellement d'air. Le CDI est équipé d'un système autonome de renouvellement d'air.

Lors de notre visite, les différents équipements fonctionnaient normalement.

L'absence de renouvellement d'air dans les classes de l'extension du bâtiment B augmente le risque de confinement de ces pièces lors de la présence des élèves. Les mesures que nous devons réaliser dans une de ces salles devraient permettre de mieux appréhender ce risque.

1.4 Le ménage, l'entretien et le stockage des produits

Les produits d'entretien sont stockés dans une pièce indépendante située au sous-sol du bâtiment A. Aucune émanation des différents produits stockés ne devrait être perceptible au niveau des salles de cours.

Le nettoyage et l'entretien des salles de classe est effectué tôt le matin avant l'arrivée des élèves et dans l'après-midi en présence des élèves. L'aération des salles de classe, pendant et après les périodes d'entretien, est donc nécessaire pour assurer une bonne élimination des émanations polluantes liées aux produits utilisés.

1.5 Le stockage des produits utilisés en SVT



Les produits utilisés pour les cours de SVT sont stockés dans une armoire adaptée (ventilée et avec une extraction d'air spécifique) placée dans une salle indépendante aux salles de classe. Lors de notre visite, l'armoire fonctionnait normalement.

UNE ARMOIRE DE STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES.

1.6 Humidité et moisissures

Pour l'ensemble des salles de classe visitées, une seule d'entre elles présente des dégradations liées à des infiltrations d'eau (sur un mur et au plafond). Des travaux ont été réalisés pour stopper les

infiltrations mais les dégâts occasionnés n'ont pas été réparés. Afin d'éviter la propagation éventuelle de moisissures, il serait utile de nettoyer la partie du mur concerné.

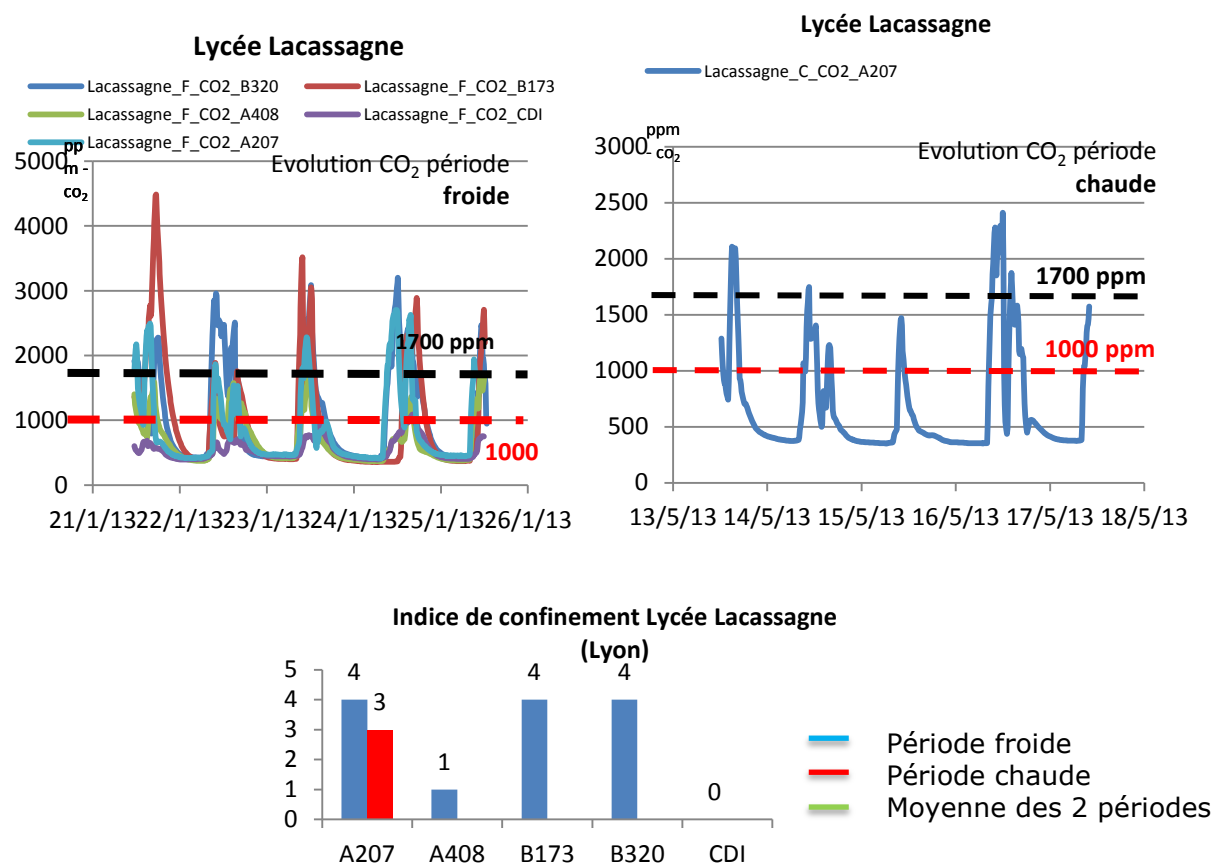
2. Conclusion

A l'exception de l'extension du bâtiment B qui ne possède pas de système de renouvellement d'air, nous n'avons pas mis en évidence de dysfonctionnement important susceptible de dégrader la qualité de l'air dans les salles d'enseignement.

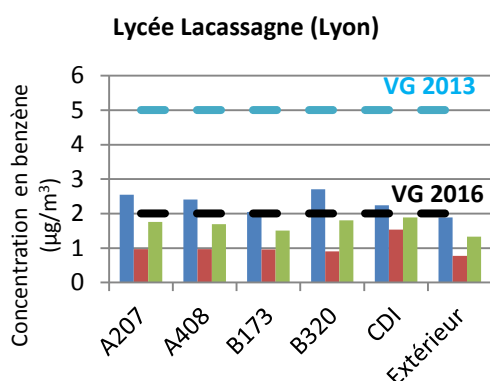
Les mesures que nous devons réaliser à deux reprises au cours de l'année scolaire 2012 – 2013, devraient permettre d'affiner cette approche et vérifier qu'aucune source de polluant n'est présente dans l'enceinte du lycée.

Résultats

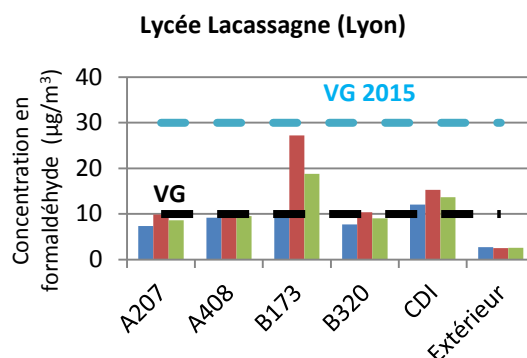
Le dioxyde de carbone



Le benzène



Le formaldéhyde



Commentaires

Les concentrations de CO₂ relevées au cours des deux campagnes sont régulièrement supérieures au seuil de 1700ppm et atteignent parfois des niveaux élevés (4500 ppm pour la salle B173). L'indice de confinement est élevé (4) en période froide pour les salles du bâtiment B dont le 3^e étage ne dispose de système de renouvellement d'air.

Les niveaux de benzène présentent une bonne homogénéité entre les salles et restent inférieurs aux concentrations extérieures confirmant l'absence de source à l'intérieur l'établissement. Les résultats obtenus sont légèrement inférieurs à la valeur guide 2016.

Les concentrations en formaldéhyde restent en dessous des valeurs guides à atteindre en 2023 mais respectent la valeur guide 2015. La salle B173, qui est la plus confinée, présente un niveau de formaldéhyde plus important en période chaude qu'en période froide.

Annexe 7: Bilan du Lycée M.Gimond (Bât A et B) - Aubenas

Adresse : Boulevard de l'Europe, 07205 Aubenas

Calendrier des campagnes

Campagnes	Début	Fin
Période froide	03/12/2012	07/12/2012
Période chaude	15/04/2013	19/04/2013

Remarques préliminaires :

Le lycée, composé de deux bâtiments d'enseignement, fait l'objet de travaux. L'isolation thermique d'un bâtiment (A) a déjà été réalisée. Dans l'autre bâtiment (B), seules les huisseries extérieures (fenêtres) ont été changées. D'autres aménagements sont programmés, d'abord dans le bâtiment B puis ultérieurement dans le bâtiment A. L'ensemble des travaux devrait se poursuivre sur plusieurs années.

Lors de cette visite, seul Monsieur Mounier, agent technique du lycée était présent.

1. Etat des lieux

1.1 Les abords



VUE DU LYCEE.



VUE DU QUARTIER

Le lycée se trouve dans une zone urbaine dense. Le trafic à proximité est modéré et ne devrait pas générer une source de pollution importante. Hormis les émissions liées au chauffage des constructions voisines, aucune autre source de pollution susceptible de générer une gêne au niveau du lycée n'est présente aux alentours.

1.2 L'établissement

L'établissement est constitué principalement de deux bâtiments d'enseignement (A et B). Un îlot central, regroupe le réfectoire et la cuisine. La bâtiment administratif est aussi distinct des deux bâtiments principaux. Dans le cadre de cette visite, seuls les bâtiments d'enseignements et le réfectoire ont été visités.

Ce lycée a été construit au début des années 1960. Sa structure est de construction traditionnelle (béton). Les murs sont peints et les sols sont carrelés.



Au dernier étage du bâtiment A, les sols des salles d'enseignement spécifique (SVT, physique, chimie) sont recouverts de parquet

Dans le bâtiment B, seuls les deux premiers étages sont occupés soit par des salles de classe, soit par le CDI. Les deux derniers étages ne sont occupés que de façon très ponctuelle (salle de théâtre, d'examen par exemple).

Les deux bâtiments sont bâtis sur un terrain en pente ce qui entraîne qu'une partie du rez-de-chaussée est directement mitoyenne au vide sanitaire.

LE LYCEE. AU PREMIER PLAN LE BATIMENT B - AU FOND, LE BATIMENT A

1.3 Le renouvellement d'air :



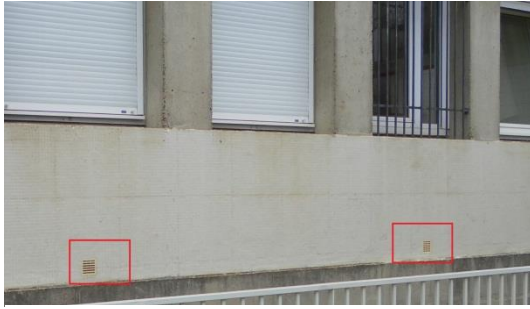
LE VIDE SANITAIRE MITOYEN AU COULOIR DU REZ-DE-CHAUSSEE.

A l'origine, le renouvellement d'air des deux bâtiments était assuré par un système de ventilation naturelle basé sur la présence de grille d'aération en partie haute et basse dans chaque salle de classe. Cette ventilation était complétée par les nombreuses entrées d'air qui pouvaient subsister au niveau des fenêtres.

A la suite des travaux d'isolation, aucun système de renouvellement d'air mécanique (VMC) n'a été mis en place, y compris dans les sanitaires. Seules quelques classes d'enseignement spécifique (SVT, laboratoire ...) et le CDI, qui a été récemment rénové, sont équipés d'une système mécanique de ventilation.

Ce manque d'aération est particulièrement perceptible au niveau des étages inférieurs jouxtant le vide sanitaire. A ce niveau, une forte odeur d'humidité est présente tant dans le bâtiment B que le A. La réglementation en matière de ventilation n'impose pas de système de ventilation spécifique. Il est encore admis aujourd'hui la possibilité de ventiler les salles de classe par ouverture des fenêtres (ce choix est pénalisé au niveau des déperditions dans les nouveaux calculs réglementaires – RT2000 – car il occasionne des pertes d'énergies importantes).

Compte tenu des modifications apportées à la structure du bâtiment (étanchéité renforcée) et l'absence actuelle de VMC, il semble important de rappeler aux enseignants la nécessité d'aérer les salles de classe à la fin de chaque cours (10 mn au maximum).



QUELQUES GRILLES D'AERATION SONT ENCORE VISIBLES.

Lors de notre visite, en raison de travaux sur la toiture, la VMC permettant de renouveler l'air dans plusieurs salles du dernier étage (SVT, chimie, physique) du bâtiment A était arrêtée. Dans de telles situations, il est important qu'une personne vérifie à la fin des travaux que la VMC a bien été remise en fonctionnement. Cette vérification est d'autant plus importante que dans les salles de travaux pratiques, des becs bunsen peuvent être utilisés (utilisation de gaz + combustion).

De même, lorsque dans une salle, la VMC existe, l'utilisation des variateurs électriques permettant de moduler les débits d'air extraits ne doit être que très occasionnelle et uniquement en période d'absence des élèves.

1.4 Le ménage, l'entretien et le stockage des produits :

Les produits d'entretien sont stockés dans des pièces indépendantes. Ces pièces ne sont, elles aussi, pas équipées d'une extraction d'air. Les polluants émis par les produits d'entretien ne sont donc pas évacués et peuvent se diffuser dans les couloirs et salles du bâtiment.

Lors de notre visite, dans plusieurs étages, une odeur relativement importante, de produits d'entretien était perceptible. Il est recommandé d'effectuer les travaux de ménage en dehors de la période de présence des élèves si possible mais surtout d'assurer un renouvellement d'air suffisant après l'application des produits afin que la plus grande partie des vapeurs polluantes soit éliminée.

Les produits utilisés pour les cours de SVT, chimie sont stockés dans des armoires adaptées (ventilées et avec une extraction d'air spécifique). Lors de notre visite, nous n'avons pas observé de produit entreposé à l'air libre. La possibilité d'une émission éventuelle de polluants par ces produits est donc bien prise en compte par les enseignants.

1.5 Humidité et moisissures :

Les deux bâtiments visités sont assez âgés (plus de 40 ans). Des dégradations sont visibles sur les murs. Quelques tâches d'humidité et la présence de moisissures sont visibles essentiellement dans les étages les plus bas. L'absence de renouvellement d'air ne devrait que contribuer à l'augmentation du nombre de ces tâches.



PRESENCE DE MOISSURES SUR LES MURS.

2. Conclusion :

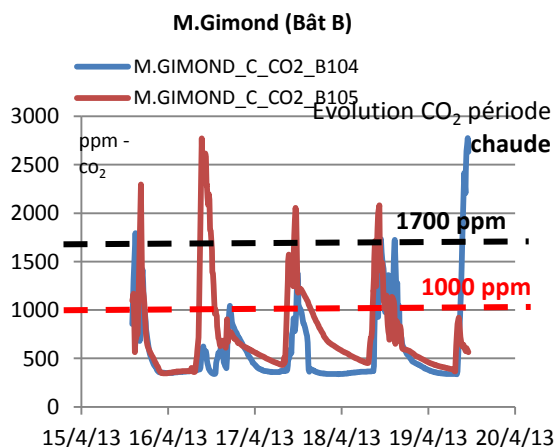
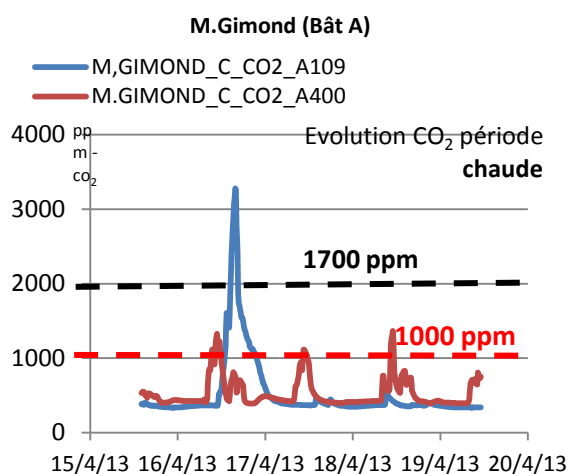
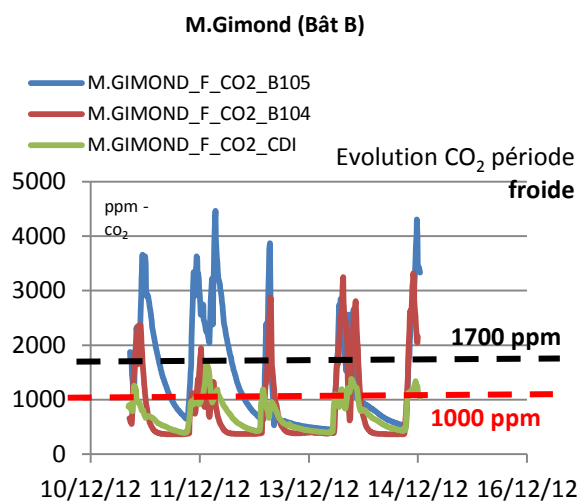
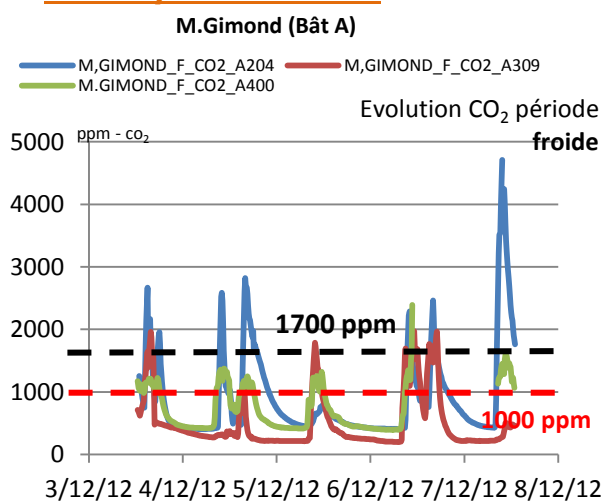
La période transitoire de travaux nécessaires à la réhabilitation des locaux entraîne des conditions de renouvellement d'air pouvant nuire à la qualité de l'air dans les locaux. Les travaux futurs devront prendre en compte cet aspect en équipant les deux bâtiments d'un système de renouvellement d'air performant.

Afin de compléter ces travaux, une formation devra être prévue afin d'initier les occupants à la gestion de leur bâtiment. Il est important de prévoir cette formation le plus tôt possible lors de la mise en service des locaux. Un livret d'information devra aussi être remis de façon à ne pas perdre d'informations au fur et à mesure des changements de gestionnaires.

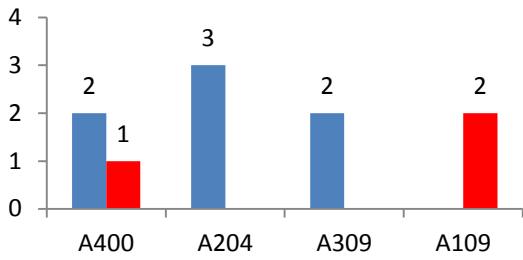
Au cours de cette période transitoire, l'ouverture des fenêtres par les enseignants demeure une nécessité.

Résultats

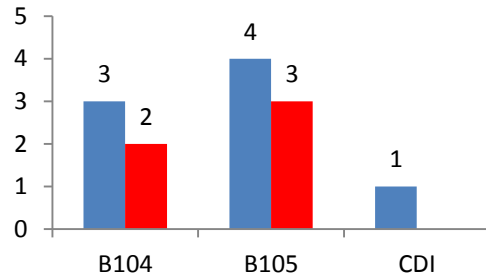
Le dioxyde de carbone



Indice de confinement - Lycée M.Gimond (A) - Aubenas

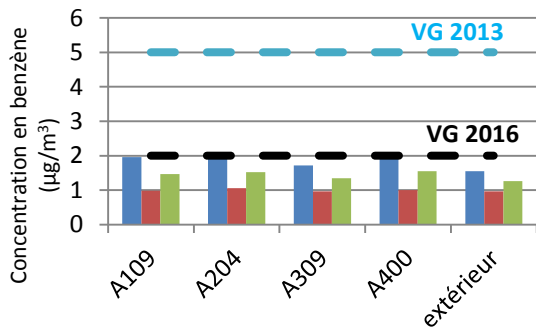


Indice de confinement - Lycée M.Gimond (B) - Aubenas

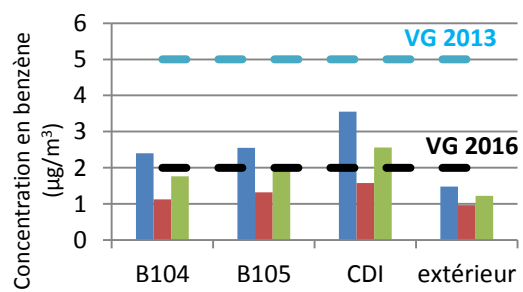


Le benzène

Lycée M.Gimond Bât A (Aubenas)

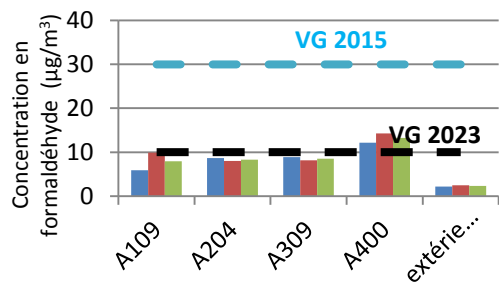


Lycée M.Gimond Bât B (Aubenas)

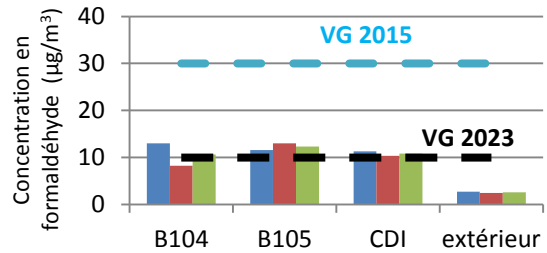


Le formaldéhyde

Lycée M.Gimond Bât A (Aubenas)



Lycée M.Gimond Bât B (Aubenas)



- Période froide
- Période chaude
- Moyenne des 2 périodes

Commentaires

Ce lycée construit en 1960, dont l'isolation thermique a été réalisée récemment, ne dispose pas de système de ventilation mécanique de l'air. Les concentrations en CO₂ relevées au cours des deux campagnes sont par conséquent régulièrement supérieures à 1700ppm dans les salles de classe pendant la présence des élèves avec des pics parfois très élevés (4500 ppm). Le confinement est donc élevé dans certaines salles (entre 2 et 4). Ce confinement s'explique par une occupation élevée (35 élèves) en période de cours et une absence de ventilation mécanique dans la salle. Une aération plus régulière des salles (ouverture des fenêtres) permettrait de réduire ce confinement.

Les niveaux de benzène sont légèrement inférieurs à ceux du nouveau bâtiment (B).

Les rapports entre les niveaux de formaldéhyde intérieur et extérieur montrent la présence de sources au sein de l'établissement, les moisissures présentes dans les étages les plus bas ainsi que la fumée de tabac peuvent-être à l'origine de ces concentrations. Dans les salles de classe, les teneurs restent en dessous de la valeur guide à atteindre en 2015 et respectent presque toutes la valeur guide 2023.

Table des illustrations

FIGURE 1 : TUBE A DIFFUSION PASSIVE SUR SUPPORT.....	10
FIGURE 2 : BALISE FIREFLIES® D'AZIMUT MONITORING	10
FIGURE 3: INDICE DE CONFINEMENT DES SALLES DE CLASSE.....	10
FIGURE 4: CONCENTRATION EN BENZENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE	10
FIGURE 5: CONCENTRATION EN FORMALDEHYDE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE.....	11
FIGURE 6: CONCENTRATION EN TOLUENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE	12
FIGURE 7: CONCENTRATION EN ETHYLBENZENE($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE	12
FIGURE 8: SALLE B320 DU LYCEE LACASSAGNE	12
FIGURE 9: CONCENTRATION EN M+P – XYLENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE.....	13
FIGURE 10: CONCENTRATION EN O – XYLENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE	13
FIGURE 11: CONCENTRATION EN LIMONENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE	14
FIGURE 12: CONCENTRATION EN ALPHA-PINENE ET LIMONENE ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) AUX EAUX CLAIRES REPARTIE PAR SALLE ET PAR PERIODE	14
FIGURE 13: CONCENTRATION EN ACETALDEHYDE($\mu\text{G}/\text{M}^3$) REPARTIE PAR SALLE ET PAR LYCEE.....	15
FIGURE 14: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CO2 DANS LA SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES.....	16
FIGURE 15: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN COV TOTAUX ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) DANS LA SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES.....	16
FIGURE 16: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN COV LEGERS ($\mu\text{G}/\text{M}^3$) DANS LA SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES.....	17
FIGURE 17: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CO2, COV TOTAUX, COV LEGERS DANS LA SALLE 216 DU LYCEE DES EAUX CLAIRES	17
FIGURE 18: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CO2 DANS LES SALLES B9 ET B130 DU LYCEE A.CAMUS.....	18
FIGURE 19: EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CO2 DANS LES SALLES A207 ET B320 DU LYCEE LACASSAGNE	19