

# Investigations complémentaires de la qualité de l'air intérieur dans deux collèges de l'Isère



MESURES ET EXPLOITATIONS - 2016

[www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)



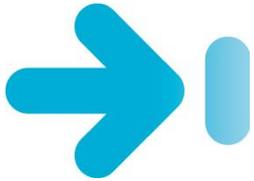
**Diffusion : Février 2017**

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

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

[contact@air-rhonealpes.fr](mailto: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](http://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 (2016) Investigations complémentaires de la qualité de l'air intérieur dans 2 collèges de l'Isère** ».

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](http://www.air-rhonealpes.fr)
- par mail : [contact@air-rhonealpes.fr](mailto: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 du Conseil départemental de l'Isère.

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. Introduction .....	5
2. Cas du collège Olympique – Grenoble .....	7
2.1. Problématique : une source de tétrachlorométhane dans ou autour de l'établissement ? .....	7
2.2. Méthodologie .....	8
2.3. Résultats .....	9
3. Cas du Collège des Buclos – Meylan .....	10
3.1. Problématique : un confinement élevé dans les classes durant les cours .....	10
3.2. Méthodologie .....	10
3.2.1. Contexte normatif et réglementaire .....	10
3.2.2. Contexte des mesures .....	10
3.3. Résultats de l'investigation – Etat des lieux avant mise en œuvre de la VMC .....	12
3.3.1. Salle H5 – Anglais .....	12
3.3.2. Salle H10 – Mathématiques .....	13
3.3.3. Salle H11 – informatique .....	14
3.3.4. Salle G10 – Français .....	15
3.3.5. Salle G11 – Enseignements spécialisés .....	16
3.4. Résultats de l'investigation – Test de la VMC en salle H10 (du 28/04 au 15/06) .....	17
3.4.1. Calendrier et méthodologie .....	17
Ainsi, l'indice ICONÉ lors des périodes de mesure en automne ou en hiver sont majoritairement à 4 voire 5 comme nous avons pu déjà le constater lors des mesures en 2013-2014. ....	17
3.4.2. Résultats .....	18
3.4.3. Retour d'expérience sur la mise en œuvre de la VMC .....	19
4. Conclusion .....	20

## Annexes

ANNEXE 1 : METHODE DE CALCUL DE L'INDICE ICONÉ .....	21
--	----

# Résumé



Air Rhône-Alpes a proposé son accompagnement au Conseil Départemental de l'Isère dans un programme pluriannuel de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les collèges. Ce programme vise à étudier les facteurs de dégradation de la qualité de l'air intérieur et à expérimenter des solutions d'amélioration, dans un objectif sanitaire. De [premières investigations](#) avaient fait apparaître des niveaux de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) très élevés en présence des élèves au collège des Buclos de Meylan, révélateurs d'un mauvais renouvellement de l'air, ainsi que des taux inhabituels de tétrachlorométhane dans certaines salles du collège Olympique de Grenoble. Ces deux situations ont conduit le Conseil Départemental à s'interroger, avec, en appui d'expertise, de nouvelles mesures dans ces deux établissements, mises en œuvre par Air Rhône-Alpes.

## Cas du collège Olympique de Grenoble

Les nouvelles mesures permettent d'écarter l'hypothèse d'une contamination chronique des salles au tétrachlorométhane (CCl<sub>4</sub>). Les concentrations sont restées très faibles et certaines conclusions peuvent être tirées :

- Une source extérieure peut être écartée car les concentrations relevées sur le toit de l'établissement sont proches ou en-dessous des limites de détection, de plus les concentrations sont supérieures dans les salles.
- Le fait qu'aucune concentration élevée n'ait été mesurée cette fois-ci laisse à penser que les résultats précédents montraient un évènement « accidentel » dans la salle 39 qui restera donc inexplicable.
- Bien que très éloigné des niveaux précédents, la salle 39 a toujours montré la plus haute concentration, indiquant une éventuelle petite source spécifique à ce lieu mais que l'on n'est pas en mesure de pouvoir expliquer.

## Cas du collège des Buclos

Les niveaux de CO<sub>2</sub> deviennent rapidement très élevés et les niveaux de confinement sont dès lors propices à une dégradation de la qualité de l'air intérieur. La solution-test proposée a été l'installation d'une VMC dans une salle particulièrement touchée (H10) et l'évaluation de son efficacité via des mesures. Différents débits d'air ont été testés afin de déterminer le réglage optimal permettant d'atteindre l'objectif fixé à savoir un renouvellement d'air permettant d'être conforme au seuil prescrit.

L'installation a rapidement montré son intérêt. En effet, le premier résultat est l'abattement important des niveaux de CO<sub>2</sub> lorsque la VMC est en marche. Les différents débits testés ont permis de déterminer un réglage idéal à 500 m<sup>3</sup>/h. De manière plus fine et afin de pouvoir moduler le régime en fonction de l'occupation de la salle, il apparaît qu'un débit situé autour de 20 m<sup>3</sup>/h/personne permet de rester en dessous du seuil de 1300 ppm en CO<sub>2</sub>.

Globalement, le personnel enseignant est très satisfait de l'installation, du confort de travail apporté et de l'absence de gêne sonore. Un point d'amélioration subsiste cependant : l'insufflation d'un air trop chaud lorsque le soleil chauffe le toit-terrasse sur lequel se situe la prise d'air de la VMC, l'ajout d'un système de refroidissement permettrait de résoudre ce problème. Toutefois, il va falloir prendre en compte également la répercussion que cela peut engendrer sur la consommation d'électricité. Un air de bonne qualité est primordial mais cela ne peut pas se faire au détriment de la problématique énergétique car les aspects air/climat/énergie sont devenus indissociables.

# 1. Introduction

La présente étude s'inscrit dans un contexte d'accompagnement, depuis plus de 10 ans, du Conseil Départemental de l'Isère par Air Rhône-Alpes (ASCOPARG avant 2012), vers une bonne gestion de la qualité de l'air de l'air intérieur des collèges du département.

Un premier travail avait conduit à des mesures de qualité de l'air intérieur dans différents collèges, en [2008-2009](#) puis en [2009-2010](#). De nouvelles mesures, en [2013-2014](#), avaient été mise en place.

Spécifiquement, ces investigations avaient fait apparaître des niveaux de CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) très élevés en présence des élèves au collège des Buclos (Meylan) (Figure 1), révélateurs d'un renouvellement de l'air insuffisant, ainsi que des taux inhabituels de tétrachlorométhane dans certaines salles du collège Olympique (Grenoble). Ces taux, sans être inquiétants du point de vue sanitaire, posent un certain nombre de questions quant aux sources de ce polluant.

Ainsi, en 2015-2016, Air Rhône-Alpes a accompagné le Conseil Départemental de l'Isère dans son souhait d'approfondir ses connaissances sur les paramètres influençant la qualité de l'air à l'intérieur de ces collèges et fournir des éléments de gestion sur ce thème à ses collaborateurs.

## Collège Buclos

L'investigation menée durant l'année scolaire 2013-2014 a permis d'identifier le facteur à l'origine de la dégradation de la qualité de l'air, en l'occurrence l'absence de la ventilation. Les actions d'aération manuelles et ponctuelles ont montré de bons résultats mais sont difficilement applicables en routine. L'ensemble de ces observations a montré la nécessité d'équiper une salle d'un moyen de ventilation spécifique.



FIGURE 1 : LE COLLEGE DES BUCLOS DE MEYLAN

## Collège Olympique

Durant la précédente campagne, certaines salles ont présenté des concentrations élevées en n-butane, n-hexane, propane et surtout **en tétrachlorométhane, composé interdit depuis 1987 dans le cadre du protocole de Montréal**, en raison de ces effets néfastes, à la fois pour l'environnement et pour la santé humaine (Figure 2).

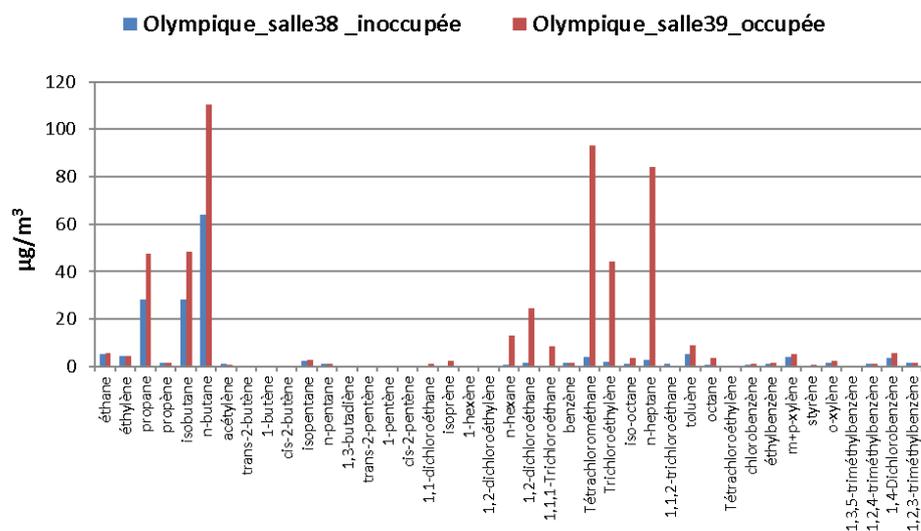


FIGURE 2 : CONCENTRATIONS DE COV (EN µG/M<sup>3</sup>) DANS UNE SALLE OCCUPEE ET UNE VIDE EN 2014 - COLLEGE OLYMPIQUE

Ces deux situations ont conduit Air Rhône-Alpes et le Conseil Départemental à de nouvelles investigations dans ces établissements afin d'étudier d'une part, une solution pérenne de ventilation qui pourrait ensuite être appliquée dans d'autres établissements posant problème et, d'autre part de trouver la source polluante spécifique au collège Olympique.

Ce rapport présente, en deux parties, les méthodologies appliquées à ces deux problématiques distinctes, les résultats obtenus ainsi que les conclusions tirées.

## 2. Cas du collège Olympique – Grenoble



L'établissement a été construit en 1968, à l'occasion de l'accueil des Jeux Olympiques d'hiver dans la ville de Grenoble. Il est composé de cinq blocs spécialisés : administratif, scientifique (TP), général (cours), self, gymnase (Figure 3). En 2013, 325 élèves fréquentaient ce collège.

**Plusieurs rénovations ont eu lieu :**

- En 1992/93 : rénovation du 3<sup>ème</sup> étage
- En 2011 : travaux de peinture au 2<sup>ème</sup> étage
- L'isolation extérieure des bâtiments et le vitrage double PVC avec grille de ventilation naturelle ont été réalisés.

FIGURE 3 : VUE DU CIEL DU COLLEGE OLYMPIQUE – GRENOBLE

### 2.1. Problématique : une source de tétrachlorométhane dans ou autour de l'établissement ?

Le tétrachlorométhane ou tétrachlorure de carbone est un composé chimique chloré de formule brute  $\text{CCl}_4$  (Figure 4). Le tétrachlorure de carbone est un dérivé chloré saturé des hydrocarbures dont le numéro CAS est 56-23-5. C'est un liquide incolore, d'odeur caractéristique éthérée.

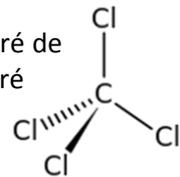


FIGURE 4 : MOLECULE DE TETRACHLOROMETHANE

#### Propriétés physico-chimiques :

Le  $\text{CCl}_4$  est un solvant volatil, très peu soluble dans l'eau mais soluble dans de très nombreux solvants organiques. Stable dans les conditions normales d'emploi, à température ordinaire, il se décompose à la chaleur pour former de l'acide chlorhydrique, de l'anhydride carbonique et du phosphène.

#### Propriétés cinétiques principales :

L'absorption du tétrachlorure de carbone se fait par voie pulmonaire, digestive mais très peu à travers la peau (sauf quand celle-ci est lésée).

Après inhalation, il est distribué dans le tissu adipeux, le foie, la moelle osseuse. Après une série de transformations, le tétrachlorure de carbone donne du dichlorocarbonyle, du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone entre autres.

Une partie (environ 70 %) est éliminée sous forme inchangée dans l'air exhalé, le reste est éliminé rapidement dans les urines.

#### Toxicité chez l'homme :

**Toxicité aiguë :** En cas d'ingestion, le tétrachlorure de carbone entraîne des troubles digestifs (nausées, vomissements), accompagnés d'une atteinte neurologique centrale souvent discrète. 24 heures à 48 heures plus tard, apparaissent les atteintes hépatique et rénale.

En cas d'inhalation, le tétrachlorure de carbone peut induire de discrets troubles de conscience. Une hépatonéphrite peut survenir après un intervalle libre de 1 à 4 jours.

A dose massive, des atteintes cardiaques, surrénales, pancréatiques et testiculaires sont possibles.

*Toxicité chronique* : Comme tous les autres solvants chlorés, il est irritant au niveau cutané et ORL. Sur le plan de la cancérogénicité, il est classé dans la catégorie 3 par l'union européenne et 2B par le CIRC (agent peut être cancérogène parfois appelé cancérogène possible).

**Les sources possibles :**

Il était **antérieurement** utilisé dans les pressings et dans les extincteurs car non inflammable. **Actuellement**, il est employé comme intermédiaire dans l'industrie chimique (fluides réfrigérants, propulseurs d'aérosols), ou dans les laboratoires comme réactif. En chimie organique, le tétrachlorométhane est souvent employé en tant que solvant ou réfrigérant, même si son usage tend à diminuer en raison de sa forte toxicité. Il est ainsi souvent remplacé par le chloroforme ou le dichlorométhane.

**Les principales « pistes » au collège Olympique :**

Lors de la visite préliminaire de l'établissement, aucune source claire de  $\text{CCl}_4$  n'a été clairement identifiée. Les pistes les plus probables restent d'anciens extincteurs utilisant encore ce composé, des produits d'entretiens chlorés ou des réactifs de laboratoires de chimie. Enfin, il existe toujours la possibilité d'une contamination extérieure et ponctuelle (industrie, feu de matières plastiques...).

## 2.2. Méthodologie

Afin d'identifier la source de  $\text{CCl}_4$ , il a été décidé de reproduire les mesures à l'aide de canisters de prélèvements dans les mêmes salles que précédemment (15 – salle de TP et 39 – salle de cours banalisée) (Figure 5 et Figure 6). De plus, un point extérieur (toit du collège) a également été instrumenté afin de vérifier l'hypothèse d'une source extérieure :



FIGURE 5 : SALLE 15 ET 39



FIGURE 6 : POINT D'EXTERIEUR

Trois campagnes de deux jours ont été menées (décembre, janvier et février). De plus, les mesures ont été réalisées sur des jours de la semaine différents entre chaque campagne afin d'obtenir un meilleur échantillonnage temporel (Figure 7).

<b>Campagne 1</b>	3 et 8 décembre
<b>Campagne 2</b>	12 et 14 janvier
<b>Campagne 3</b>	9 et 11 février

FIGURE 7 : PLANNING DES CAMPAGNES DE MESURES – 2015-2016

## 2.3. Résultats

Durant les 6 journées de mesures, les concentrations de CCl<sub>4</sub> sont restées très faibles par rapport à l'étude précédente. Le maximum (7,5 µg/m<sup>3</sup>) a été relevé dans la salle 39 (Figure 8). Malgré les faibles résultats, quelques conclusions peuvent être tirées :

- Une source extérieure peut être écartée car les concentrations relevées sur le toit de l'établissement sont proches ou en-dessous des limites de détection, de plus les concentrations sont supérieures dans les salles.
- Le fait qu'aucune concentration élevée n'ait été mesurée cette fois-ci laisse à penser que les résultats précédents montraient un évènement « accidentel » dans la salle 39 qui restera donc inexpliqué.
- Bien que très éloigné des niveaux précédents, la salle 39 a toujours montré la plus haute concentration, indiquant une éventuelle petite source spécifique à ce lieu mais que l'on n'est pas en mesure de pouvoir expliquer.

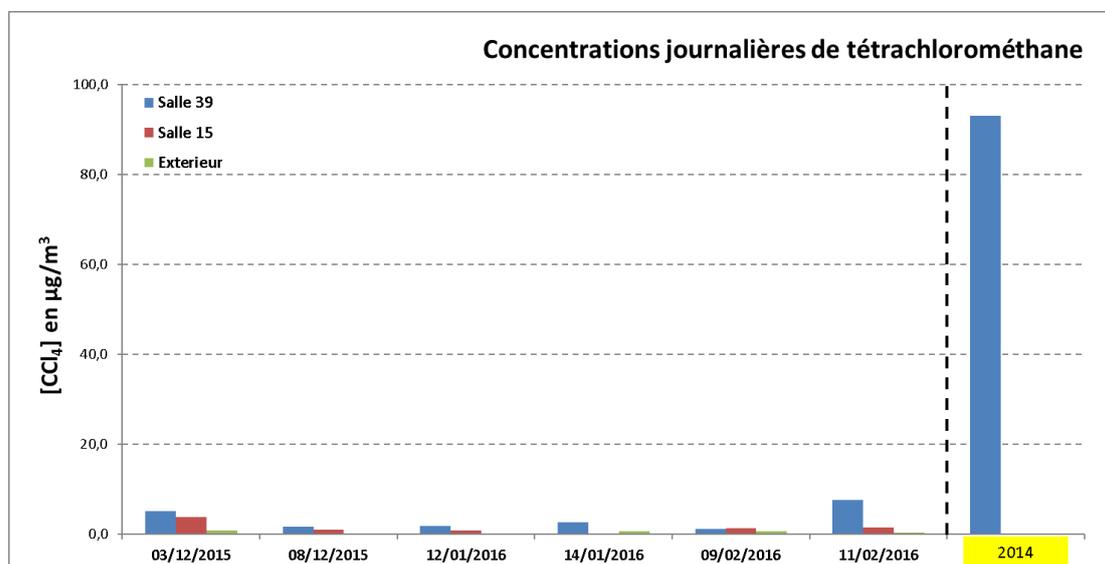


FIGURE 8 : CONCENTRATIONS DE CCl<sub>4</sub> RELEVÉES

## 3. Cas du Collège des Buclos – Meylan

### 3.1. Problématique : un confinement élevé dans les classes durant les cours

Les mesures de CO<sub>2</sub> réalisées en 2014 avaient montré en fonctionnement quotidien des niveaux de confinement extrêmes dans les salles H10 et G10 de l'établissement.

Des mesures correctives ont été adoptées (aération manuelle régulière par le personnel éducatif) et ont montré une bonne efficacité quant aux concentrations maximales de CO<sub>2</sub> mais leurs portées se sont révélées trop limitées dans le temps (le confinement redevenant très élevé peu après la fermeture des fenêtres). Aussi, il apparaît que des modifications plus importantes sont indispensables dans cet établissement pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

Le Conseil Départemental de l'Isère a, par conséquent, décidé d'équiper une salle de l'établissement (H10) d'une VMC afin d'étudier d'une part l'efficacité d'un tel système sur les niveaux de confinement et, d'autre part, la facilité de mise en œuvre de l'installation par les équipes techniques en vue d'une éventuelle application dans d'autres établissements.

### 3.2. Méthodologie

#### 3.2.1. Contexte normatif et réglementaire

Le Dioxyde de carbone étant un indicateur du confinement d'une pièce, ses concentrations sont l'un des critères qui fondent la réglementation en matière d'aération des locaux. Ainsi, le titre III des Règlements Sanitaires Départementaux (RSD) fixe une tolérance à 1300 ppm dans les locaux pour les bâtiments non résidentiels.

Le décret du 30 décembre 2015, relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants réalisées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur des Etablissements Recevants du Public (ERP), prévoit le calcul d'un indice de confinement (indice ICONE).

Par conséquent, nous utiliserons le seuil de 1300 ppm pour situer le niveau de confinement des salles de classe et l'indice ICONE pour mesurer simplement les bénéfices apportés par la VMC.

#### 3.2.2. Contexte des mesures

Les mesures de CO<sub>2</sub> ont été réalisées dans 5 salles (G10, G11, H5, H10 et H11) durant plusieurs mois en continu (d'octobre à mars) afin de disposer d'un bon échantillonnage spatial et temporel et de pouvoir comparer les salles non équipées de VMC (G10, G11, H5 et H11) avec la salle H10 (Figure 9, Figure 10 et Figure 11). De plus, les campagnes ont eu lieu avant et après la mise en service de l'installation afin d'estimer le gain obtenu après les travaux (Figure 12).

Pour analyser le plus finement possible les variations de dioxyde de carbone, les enseignants ont été associés à la démarche. Il leur a été demandé de renseigner un questionnaire permettant de connaître les pratiques relatives à l'ouverture des ouvrants et le nombre d'élèves par classe. Il a donc été ainsi possible d'expliquer dans la grande majorité des cas les hausses ou les baisses de concentration en fonction de la fréquentation ou d'une meilleure aération des salles.



FIGURE 9 : SALLES H5 ET H10



FIGURE 10 : SALLES H11 ET G10



FIGURE 11 : SALLE G10

<b>Début octobre à fin janvier</b>	<b>Mesures de CO<sub>2</sub> avant l'installation de la VMC</b>
<b>28/4 au 10/5</b>	<b>Etat initial sans mise en route de la VMC</b>
<b>11/5 au 15/6</b>	<b>Mise en œuvre de la VMC en salle H10 et début des tests de ventilation</b>

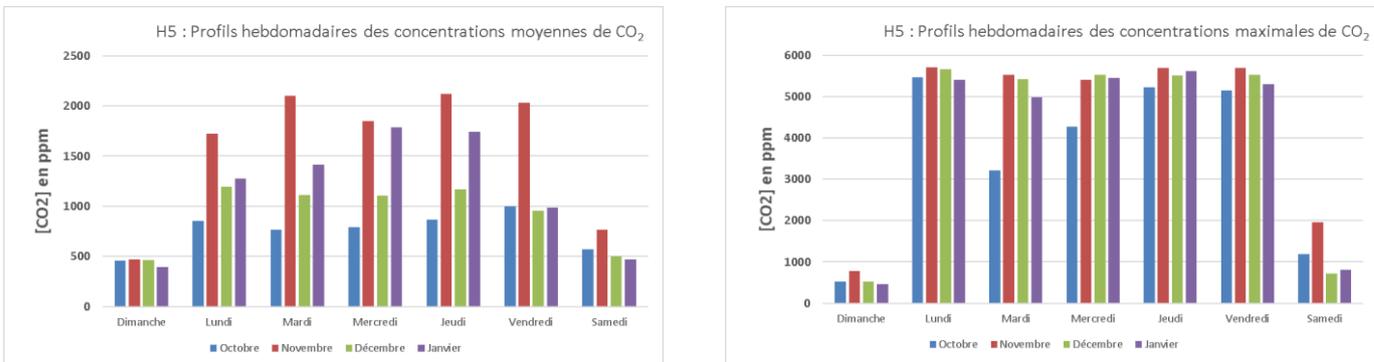
FIGURE 12 : PLANNING DE L'ETUDE – 2015-2016

### 3.3. Résultats de l'investigation – Etat des lieux avant mise en œuvre de la VMC

#### 3.3.1. Salle H5 – Anglais

La salle H5 est celle ayant montré les concentrations de CO<sub>2</sub> les plus élevées (Figure 13). Le mois de novembre 2015 a été particulièrement touché avec des moyennes journalières dépassant les 2000 ppm. Des pointes horaires dépassent par ailleurs régulièrement les 5000 ppm. Ces observations sont à mettre en relation avec une fréquentation accrue de la salle durant ce mois (effectifs souvent compris entre 20 et 30 élèves), entraînant des émissions de CO<sub>2</sub> plus importantes. A noter également, que les dimanches et samedis, les moyennes sont assez élevées, autour de 500 ppm (pour un niveau de fond extérieur autour de 380 ppm), ce qui indique un mauvais renouvellement de l'air de la pièce.

FIGURE 13 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H5



En analysant une semaine type d'utilisation de la salle, le problème est clairement visible : lorsque les cours commencent, les concentrations de CO<sub>2</sub> augmentent très brutalement pour dépasser les 5000 ppm (voire saturent l'appareil) (Figure 14). Les intercours ne permettent pas de redescendre à des valeurs satisfaisantes. De plus, les nuits en semaine, les taux peinent à repasser sous les 1300 ppm. Par conséquent, il peut arriver qu'en début de journée, les cours reprennent dans un air déjà vicié.

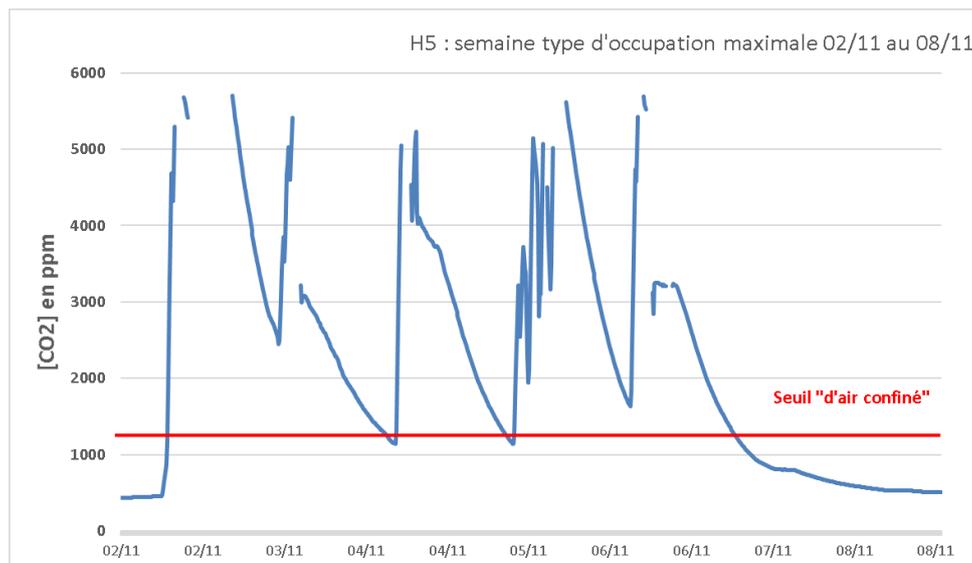


FIGURE 14 : SEMAINE TYPE - H5

### 3.3.2. Salle H10 – Mathématiques

Les observations pour la salles H10 sont quasiment les mêmes que pour la salle H5 à la différence que les niveaux en pointe sont moins élevés (Figure 15).

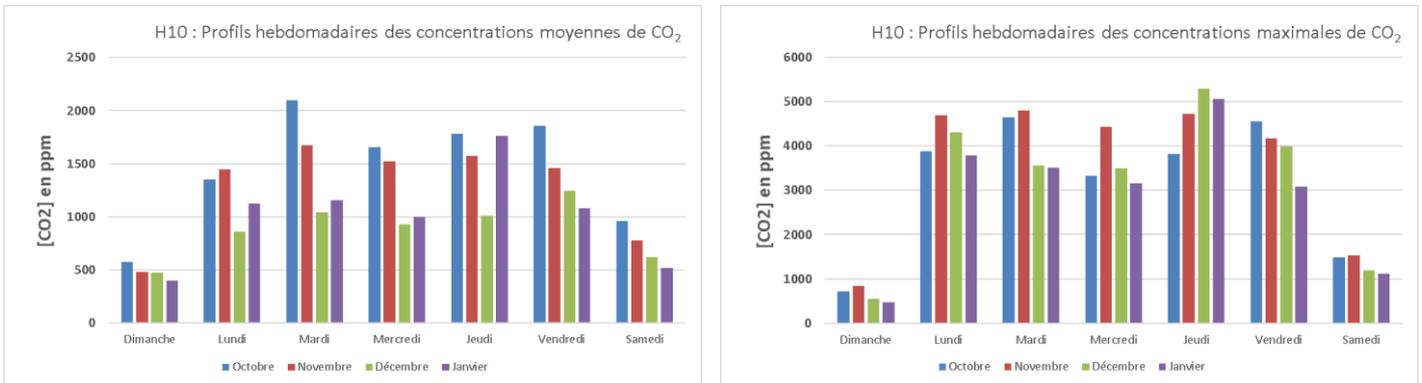


FIGURE 15 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H10

Les informations remontées par les enseignants via les questionnaires ont été précieuses pour l'analyse des données. Ainsi, lors d'une semaine d'occupation maximale de la salle (Figure 16), les concentrations peuvent rapidement dépasser 4000 ppm. On constate cependant que lors des pauses de midi, les niveaux redeviennent satisfaisants. De plus, contrairement à la salle H5, les concentrations de début de journée sont proches du niveau de fond extérieur, ce qui montre de meilleures pratiques d'aération des utilisateurs de la salle et une moins grande étanchéité à l'air.

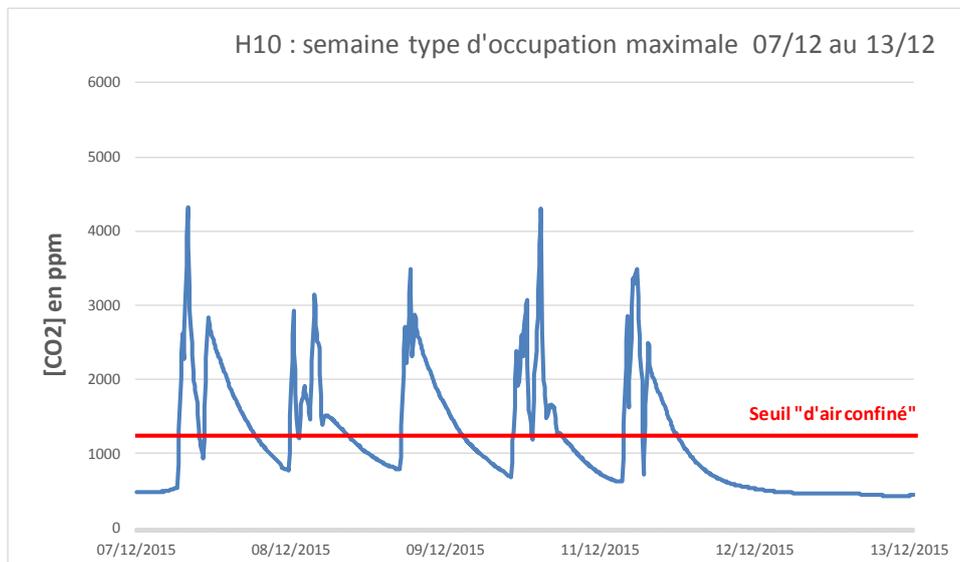


FIGURE 16 : SEMAINE TYPE H10

### 3.3.3. Salle H11 – informatique

La salle H11 accueillant de plus petits groupes d'élèves, c'est logiquement que l'on y relève des concentrations de CO<sub>2</sub> relativement faibles. Avec des concentrations journalières moyennes ne dépassant pas 1000 ppm et des pointes à 3000 ppm, le niveau de confinement de cette salle semble plus satisfaisant (Figure 17).

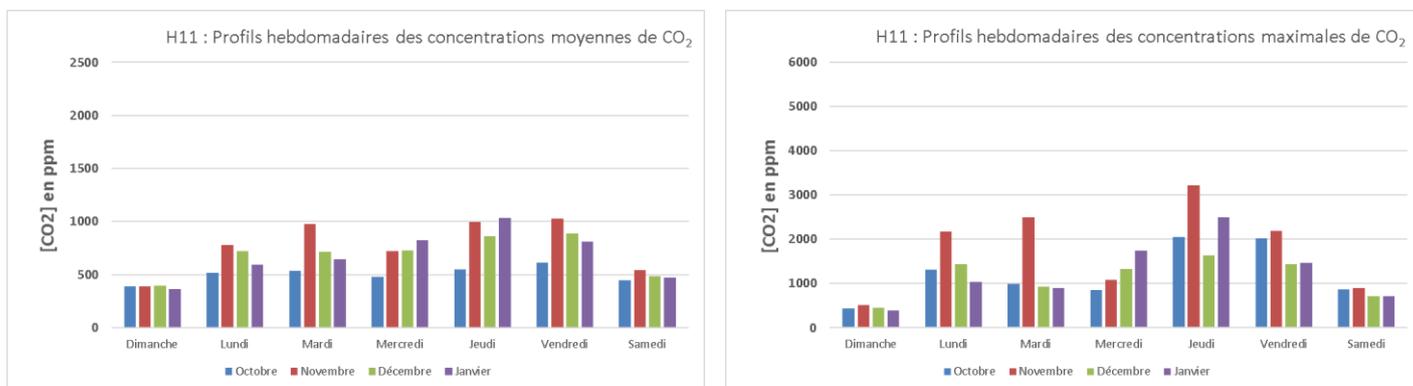


FIGURE 17 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H11

Les effectifs restreints expliquent en grande partie les concentrations rencontrées sur une semaine type (Figure 18). Malgré des pointes comprises entre 2000 et 3000 ppm, les concentrations redeviennent rapidement satisfaisantes et proches du niveau de fond.

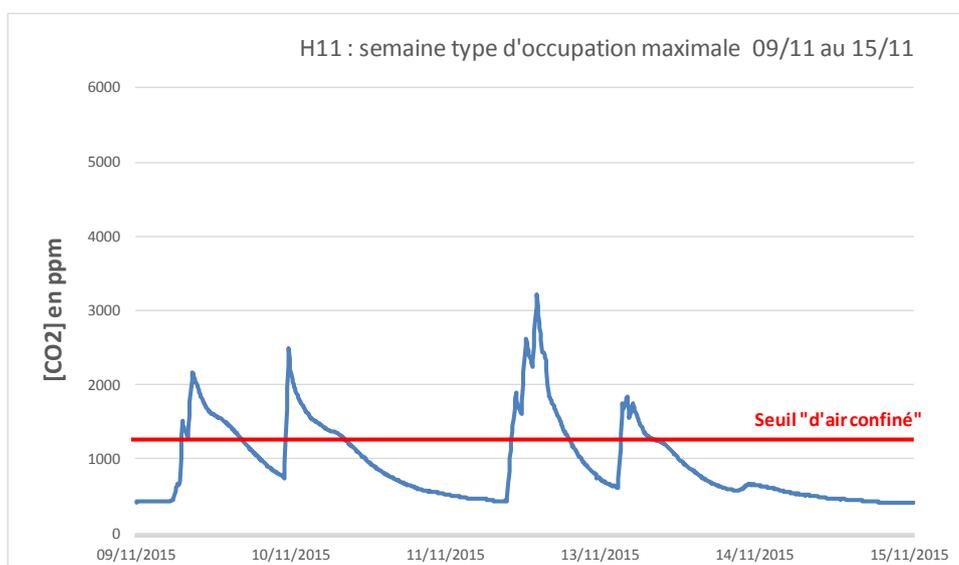


FIGURE 18 : SEMAINE TYPE - H11

### 3.3.4. Salle G10 – Français

La salle G10 pose également un certain nombre de problèmes (Figure 19) : les concentrations moyennes journalières peuvent y dépasser les 1300 ppm et les pointes 5000 ppm. On note de grandes disparités d'un mois à l'autre à mettre en parallèle avec le planning d'occupation de la salle.

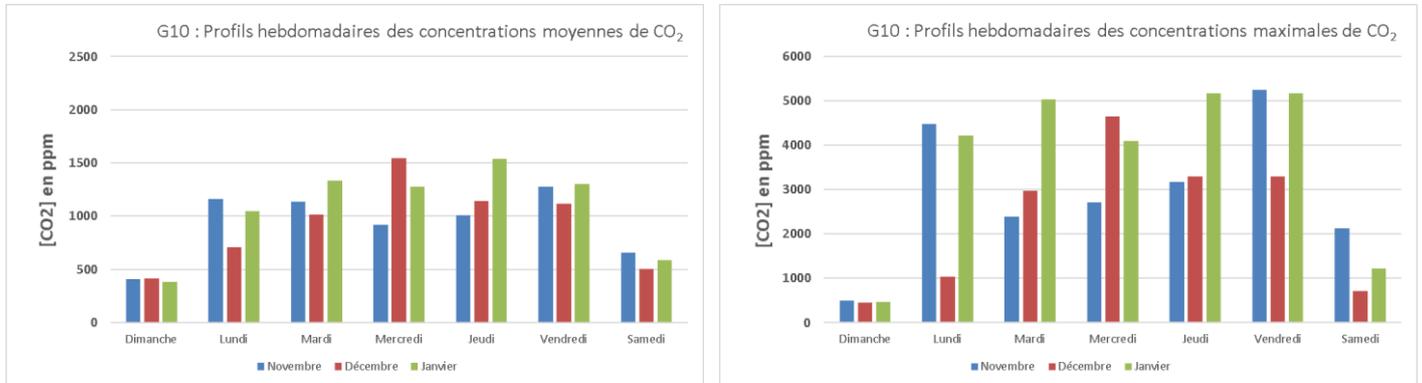


FIGURE 19 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - G10

PS : il n'a pas été possible de disposer de mesures pour le mois d'octobre suite à une panne de l'appareil.

Sur une semaine type (Figure 20), le constat est sensiblement le même qu'en salle H10 : les niveaux sont au-dessus de 1300 ppm durant quasiment toute la durée des cours. Les aérations manuelles et la ventilation naturelle de la salle ramènent rapidement les concentrations vers le niveau de fond.

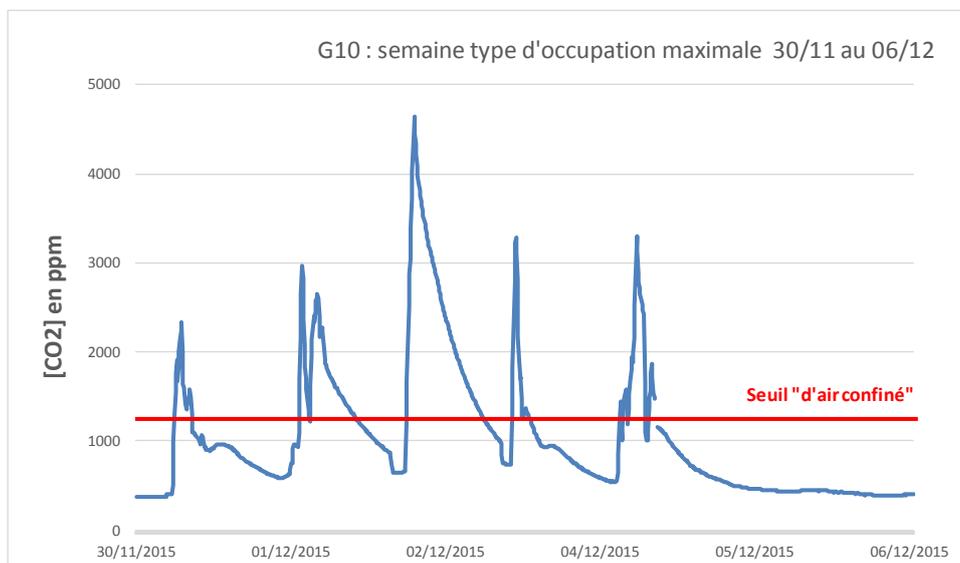


FIGURE 20 : SEMAINE TYPE - G10

### 3.3.5. Salle G11 – Enseignements spécialisés

La salle G11 accueillant habituellement de petits groupes, les concentrations y sont relativement faibles. On constate cependant des niveaux accrus en novembre (Figure 21).

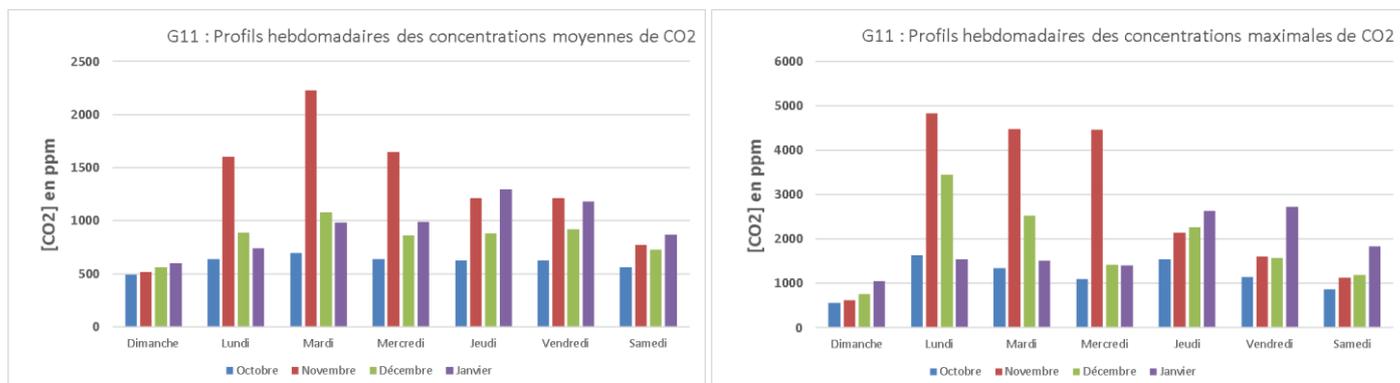


FIGURE 21 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - G11

Sur une semaine type, on constate donc des pointes à 2500 ppm sur les jours d'utilisation de la salle (Figure 22). Il faut enfin noter que les concentrations redescendent très lentement après les cours. Le niveau de fond n'est de nouveau atteint qu'au bout de 2 à 3 jours. Un point de vigilance est donc à mettre sur cette salle qui semble très étanche. Une aération manuelle après les cours pourrait remédier à ce problème.

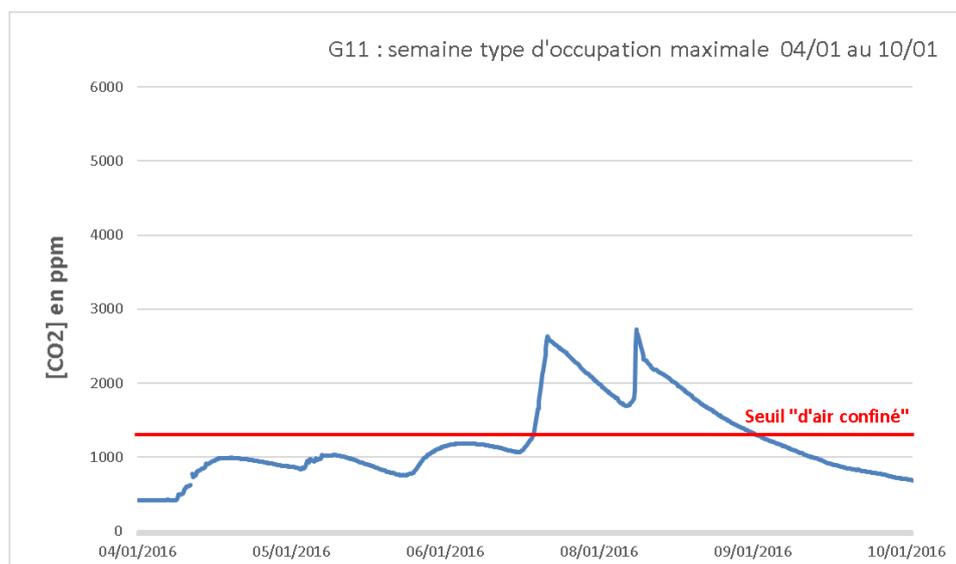


FIGURE 22 : SEMAINE TYPE - G11

### 3.4. Résultats de l'investigation – Test de la VMC en salle H10 (du 28/04 au 15/06)

A l'issue de cette première phase d'état des lieux, la VMC installée dans la salle H10 a été mise en route pour la phase de test (voir figure 23 pour plus de précisions). Durant cette période, différents réglages de débit ont été faits et les taux de CO<sub>2</sub> ont été mesurés en permanence, le but étant d'évaluer l'efficacité de l'installation, de s'assurer du confort d'utilisation (nuisances sonores...) et enfin de déterminer le débit à partir duquel le seuil « d'air confiné » n'est plus dépassé (ce seuil est fixé à 1300 ppm).

#### 3.4.1. Calendrier et méthodologie

Les tests se sont faits en partenariat avec l'installateur de la VMC qui programme pour chaque semaine un débit d'air différent (Figure 23) afin de pouvoir réaliser les mesures sur des plages de temps représentatives. En parallèle, les niveaux de CO<sub>2</sub> sont relevés par les mêmes méthodes que précédemment. De plus, le nombre d'occupants de la salle est consigné chaque jour pour programmer les plages de fonctionnement de la centrale et surtout pour déterminer le débit d'air par personne optimal. Enfin, l'indice de confinement (ICONE) sera calculé chaque semaine (voir en annexe).

Période	Débit de VMC (m <sup>3</sup> /h)
Du 28/04 au 10/05	0 (état initial)
Du 11/05 au 18/05	450
Du 19/05 au 24/05	300
Du 25/05 au 31/05	600
Du 03/06 au 15/06	500

FIGURE 23 : CALENDRIER DE LA PHASE DE TEST

#### Note sur l'indice ICONE

L'indice ICONE donne une estimation du niveau de confinement auquel sont soumis les occupants d'une pièce durant les plages d'occupation. Il s'agit d'un indice compris entre 0 et 5 conçu pour être aisément lu et compris (Figure 24). Le calcul de l'indice de confinement nécessite de disposer de l'enregistrement des valeurs de concentrations de CO<sub>2</sub> et de la plage de présence dans le local (en occupation normale) durant la semaine. Pour le calcul de l'indice, seules les mesures faites pendant la présence en occupation normale des utilisateurs dans la salle sont prises en compte. Sont donc exclues les périodes d'inoccupation des locaux et celles où l'occupation n'est pas « normale ».

Indice	Interprétation
0	Confinement nul
1	Confinement faible
2	Confinement moyen
3	Confinement élevé
4	Confinement très élevé
5	Confinement extrême

FIGURE 24 : ECHELLE DE L'INDICE ICONE

Ainsi, l'indice ICONE lors des périodes de mesure en automne ou en hiver sont majoritairement à 4 voire 5 comme nous avons pu déjà le constater lors des mesures en 2013-2014.

### 3.4.2. Résultats

Le premier résultat évident est l'abattement important des niveaux de CO<sub>2</sub> lorsque la VMC est en fonctionnement (Figure 25). Un maximum de CO<sub>2</sub> à 2000 ppm est relevé lorsque la VMC est réglée à son plus faible débit (soit 300 m<sup>3</sup>/h), loin des niveaux à 5000 ppm relevés précédemment.

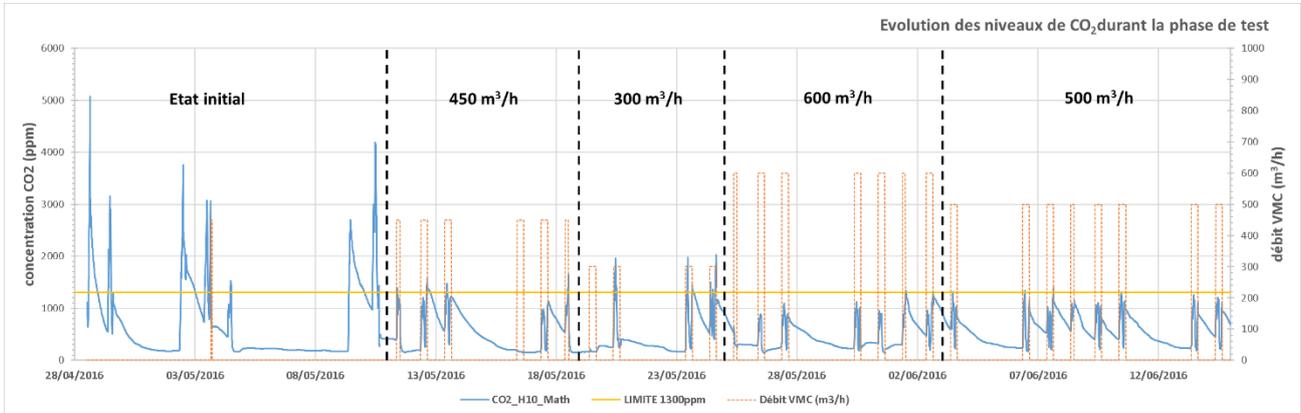


FIGURE 25 : TESTS VMC : EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX DE CO<sub>2</sub>

Les différents tests ont permis de déterminer qu'un débit de 500 m<sup>3</sup>/h (Figure 26) permettrait de respecter les objectifs recherchés en termes de confinement (seuil de 1300 ppm, confinement faible ou nul). Au-delà de ce débit, le gain sur les concentrations de CO<sub>2</sub> tend à diminuer.

Cette conclusion mérite cependant d'être affinée. En effet, le débit nécessaire pour maintenir une bonne qualité de l'air va dépendre du nombre d'élèves dans la salle. Il paraît dès lors judicieux de déterminer non pas un débit pour la classe mais plutôt un débit par occupant ce qui permettrait de moduler la programmation de la centrale en fonction de l'occupation de salle.

Débit VMC	CO <sub>2</sub> Max	CO <sub>2</sub> Moyenne	Indice de confinement
0	5069	1873	4
300	1963	1140	2
450	1642	970	2
500	1355	851	1
600	1100	661	0

FIGURE 26 : EFFICACITE DES DIFFERENTS REGIMES DE DEBITS

Chaque semaine, en fonction de l'emploi du temps de la salle, un nombre d'élève moyen est calculé et le débit d'air est normalisé en fonction de ce chiffre (Figure 27). Il apparaît alors que le débit optimal se situe autour de 20 m<sup>3</sup>/h/occupant.

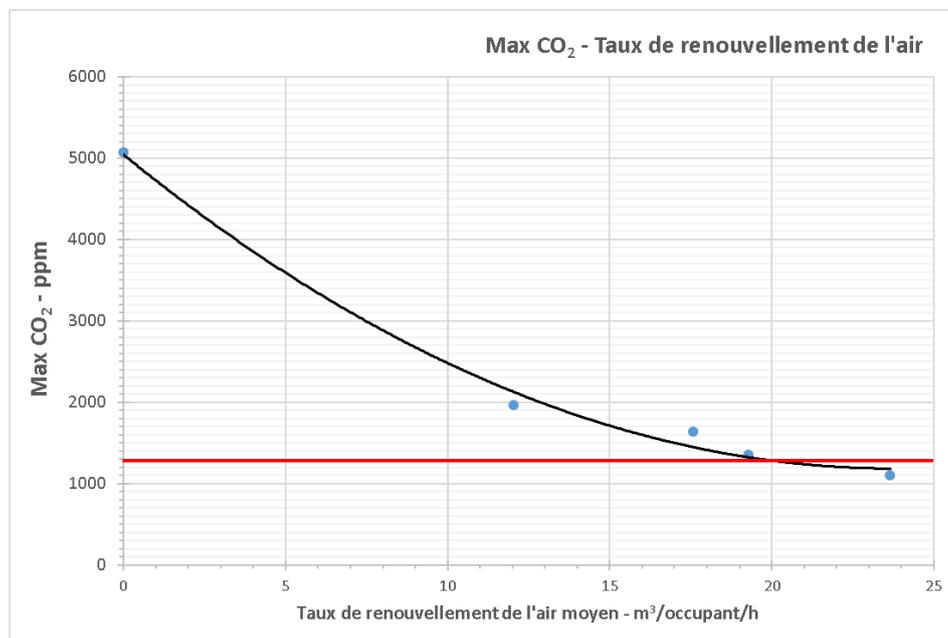


FIGURE 27 : MAXIMA RELEVES EN FONCTION DU DEBIT PAR HEURE ET PAR OCCUPANT

Il faut toutefois garder à l'esprit que ce chiffre est une approximation car il faut prendre en compte l'incertitude de l'appareil de mesure et de l'installation elle-même. Le débit réel peut différer du débit programmé (étanchéité de l'installation...).

### 3.4.3. Retour d'expérience sur la mise en œuvre de la VMC

Au-delà de l'efficacité de l'installation, il est également intéressant de dresser un retour d'expérience pratique sur l'utilisation au quotidien de la VMC au collège. Ceci donnera des informations intéressantes pour d'éventuels élargissements à d'autres salles et/ou d'autres établissements.

Globalement, le personnel enseignant est très satisfait de l'installation :

- Le confort de travail s'est amélioré grâce à un air non vicié.
- Aucun courant d'air gênant n'est ressenti lorsque la VMC est en marche.
- Aucune gêne sonore due à l'installation n'est perçue. Les pièges à son de la VMC paraissent donc efficaces.

Seul bémol, lors des journées ensoleillées, la VMC insufflé un air trop chaud dans la pièce. La raison semble être que la prise d'air se situe au ras du toit terrasse sur lequel les températures peuvent être importantes lorsque le soleil le chauffe. Un système de refroidissement permettrait de résoudre ce problème. Toutefois, il va falloir prendre en compte également la répercussion que cela peut engendrer sur la consommation d'électricité. Un air de bonne qualité est primordial mais cela ne peut pas se faire au détriment de la problématique énergétique car les aspects air/climat/énergie sont devenus indissociables.

## 4. Conclusion

Cette étude a permis de répondre à deux problématiques différentes :

### Existe-t-il une source de tétrachlorométhane (CCl<sub>4</sub>) au collège Olympique de Grenoble ?

**A PRIORI, NON.** La nouvelle série de mesures permet d'écarter l'hypothèse d'une contamination chronique des salles au CCl<sub>4</sub>. En effet, les concentrations sont restées très faibles et certaines conclusions peuvent être tirées :

- Une source extérieure peut être écartée car les concentrations relevées sur le toit de l'établissement sont proches ou en-dessous des limites de détection, de plus les concentrations sont supérieures dans les salles.
- Le fait qu'aucune concentration élevée n'ait été mesurée cette fois-ci laisse à penser que les résultats précédents montraient un événement « accidentel » dans la salle 39 qui restera donc inexpliqué.
- Bien que très éloigné des niveaux précédents, la salle 39 a toujours montré la plus haute concentration, indiquant une éventuelle petite source spécifique à ce lieu mais que l'on n'est pas en mesure de pouvoir expliquer.

### Peut-on remédier aux niveaux de confinement extrêmes au collège des Buclos ?

**OUI.** La nouvelle série de mesures a confirmé les observations précédentes : en présence des élèves, les niveaux de CO<sub>2</sub> deviennent rapidement très élevés et les niveaux de confinement sont dès lors propices à une dégradation de la qualité de l'air intérieur. La solution-test proposée a été l'installation d'une VMC dans une salle particulièrement touchée (H10) et la vérification de son efficacité via des mesures de CO<sub>2</sub>. De plus, différents débits d'air ont été testés afin de déterminer le réglage idéal permettant d'atteindre les objectifs fixés (ne pas dépasser le seuil des 1300 ppm, synonyme d'air vicié).

L'installation a rapidement montré son intérêt. En effet, le premier résultat est l'abattement important des niveaux de CO<sub>2</sub> lorsque la VMC est en marche.

Les différents débits testés ont permis de déterminer un réglage idéal à 500 m<sup>3</sup>/h. De manière plus fine et afin de pouvoir moduler le régime en fonction de l'occupation de la salle, il apparaît qu'un débit situé autour de 20 m<sup>3</sup>/h/personne permet le respect des objectifs fixés.

Globalement, le personnel enseignant est très satisfait de l'installation, du confort de travail apporté et de l'absence de gêne sonore. Un point d'amélioration subsiste cependant : l'insufflation d'un air trop chaud lorsque le soleil chauffe le toit-terrasse sur lequel se situe la prise d'air de la VMC, l'ajout d'un système de refroidissement pourrait résoudre ce problème mais il faut également prendre en compte les répercussions que cela va engendrer sur la consommation énergétique car les aspects air/climat/énergie sont devenus indissociables.

L'ensemble de ces points montre que la solution technique proposée permet de répondre à la problématique posée initialement. De plus, les retours d'expérience positifs des utilisateurs sont rassurants quant à d'éventuels portages à d'autres salles ou d'autres établissements.

# Annexes

## ANNEXE 1 : Méthode de calcul de l'indice ICONE

Le calcul de l'indice de confinement nécessite de disposer de l'enregistrement des valeurs de concentrations en dioxyde de carbone et de la plage de présence dans le local (en occupation normale) durant la semaine. Pour le calcul de l'indice, seules les valeurs de concentrations de dioxyde de carbone mesurées pendant la présence en occupation normale des enfants dans la salle sont prises en compte. Les plages de présence des enfants dans chaque local sont renseignées a posteriori avec l'aide de l'adulte enseignant ou encadrant sur l'ensemble de la semaine.

Sont exclues :

- (a) toute période où les enfants sont absents.
- (b) toute période où l'occupation n'est pas normale.

Les valeurs de dioxyde de carbone correspondant aux périodes retenues sont ensuite partitionnées en trois classes selon leur niveau :

- nombre de valeurs inférieures ou égales à 1000 ppm (n0)
- nombre de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm inclus (n1)
- nombre de valeurs supérieures à 1700 ppm (n2)

L'indice de confinement ICONE est alors calculé suivant la formule :

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

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

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

L'indice de confinement est calculé pour chaque salle instrumentée et exprimé avec une précision égale à 1 (c'est-à-dire arrondi avec 0 chiffre après la virgule) selon la règle suivante :

Valeur brute de l'indice de confinement	Valeur retenue de l'indice de confinement
ICONE < 0,5	0
0,5 ≤ ICONE < 1,5	1
1,5 ≤ ICONE < 2,5	2
2,5 ≤ ICONE < 3,5	3
3,5 ≤ ICONE < 4,5	4
ICONE ≥ 4,5	5

Conformément à l'article 7 du décret relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur, une valeur retenue de l'indice de confinement égale à 5 implique que des investigations complémentaires doivent être menées et que le préfet du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé.

# Table des illustrations

FIGURE 1 : LE COLLEGE DES BUCLOS DE MEYLAN .....	5
FIGURE 2 : CONCENTRATIONS DE COV (EN $\mu\text{G}/\text{M}^3$ ) DANS UNE SALLE OCCUPEE ET UNE VIDE EN 2014 - COLLEGE OLYMPIQUE.....	6
FIGURE 3 : VUE DU CIEL DU COLLEGE OLYMPIQUE – GRENOBLE .....	7
FIGURE 4 : MOLECULE DE TETRACHLOROMETHANE .....	7
FIGURE 5 : SALLE 15 ET 39.....	8
FIGURE 6 : POINT D'EXTERIEUR .....	8
FIGURE 7 : PLANNING DES CAMPAGNES DE MESURES – 2015-2016.....	9
FIGURE 8 : CONCENTRATIONS DE $\text{CCl}_4$ RELEVES.....	9
FIGURE 9 : SALLES H5 ET H10 .....	11
FIGURE 10 : SALLES H11 ET G10 .....	11
FIGURE 11 : SALLE G10.....	11
FIGURE 12 : PLANNING DE L'ETUDE – 2015-2016 .....	11
FIGURE 13 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H5 .....	12
FIGURE 14 : SEMAINE TYPE - H5.....	12
FIGURE 15 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H10 .....	13
FIGURE 16 : SEMAINE TYPE H10.....	13
FIGURE 17 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - H11 .....	14
FIGURE 18 : SEMAINE TYPE - H11.....	14
FIGURE 19 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - G10 .....	15
FIGURE 20 : SEMAINE TYPE - G10.....	15
FIGURE 21 : PROFILS HEBDOMADAIRES MOYENS ET MAX - G11 .....	16
FIGURE 22 : SEMAINE TYPE - G11.....	16
FIGURE 23 : CALENDRIER DE LA PHASE DE TEST .....	17
FIGURE 24 : ECHELLE DE L'INDICE ICONNE .....	17
FIGURE 25 : TESTS VMC : EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX DE $\text{CO}_2$ .....	18
FIGURE 26 : EFFICACITE DES DIFFERENTS REGIMES DE DEBITS .....	18
FIGURE 27 : MAXIMA RELEVES EN FONCTION DU DEBIT PAR HEURE ET PAR OCCUPANT .....	19