



Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les collèges de l'Isère.



Etude dans 8 établissements.

Avec la participation financière du Conseil Général de l'Isère.

Décembre 2009



ASCOPARG et Sup'AIR font partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Leurs missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre et compte tenu du statut d'organismes non lucratifs des réseaux, ASCOPARG et Sup'AIR sont garants de la transparence de l'information sur le résultat de leurs travaux.

Condition de diffusion :

1. Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après sa présentation aux partenaires.
2. Les données contenues dans ce document restent la propriété des deux associations. Elles ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.
3. Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence aux associations en terme de :
« Ascoparg, Sup'AIR (2009) *Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les collèges de l'Isère. Partenariat Qualité de l'Air dans les collèges avec le Conseil Général de l'Isère* ».
4. Ascoparg et Sup'AIR ne sont en aucune façon responsables des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de leurs travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Sommaire

1. Introduction	5
2. Contexte et Méthodologie	5
Choix des établissements :	5
Visite de l'établissement :	6
Les campagnes de mesures :	7
Les polluants et paramètres mesurés :	7
Matériel :	10
Période de mesures :	11
Valeurs guides et valeurs de gestion de qualité de l'air intérieur :	12
3. Résultats	14
Les visites des établissements :	14
Les campagnes de mesures :	20
La mesure du CO ₂ :	20
Le dioxyde d'azote :	26
Le benzène :	28
Le toluène :	30
Les xylènes :	32
Le formaldéhyde :	34
L'acétaldéhyde :	37
Les Composés Organiques Volatils (COV).....	38
Aspects par établissements :	39
4. Conclusion :	40
Le déroulement de l'étude :	40
Les résultats :	40
La faisabilité :	41
<i>Quelques suggestions et recommandations :</i>	<i>43</i>
5. Annexes	46

Figures et tableaux :

Figure 1 : NOx - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère.	7
Figure 2 : COVNM - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère.	8
Figure 3 : CO ₂ et test de performance (Myhrvold, 1995)	10
Figure 4: Tubes à diffusion passive (NO ₂ et BTEX)	10
Figure 5: mesure du CO ₂ et de la température.	10
Figure 6: Canister	11
Figure 7 : Evacuation des gaz de combustion d'une chaufferie.	14
Figure 8 : Le collège Louis Lumière à Echirolles.	14
Figure 9: Bouches d'entrée d'air neuf obturées suite à la mise en place d'une cloison.	15
Figure 10 : Installation VMC double flux.	16
Figure 11 : Salle de classe aménagée ultérieurement et équipée d'une VMC.	16
Figure 12 : Humidité sur un plafond.	17
Figure 13 : Evolution des teneurs en CO ₂ au cours de la semaine (campagne d'hiver).	20
Figure 14 : Occupation d'une salle de classe.	21
Figure 15 : Collège des Eaux Claires - Suivi des taux de CO ₂ .	22
Figure 16 : Collège des Buclos - Suivi des taux de CO ₂ .	22
Figure 17 : Décroissance du CO ₂ et du taux de renouvellement d'air.	24
Figure 18 : Dioxyde d'azote - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	26
Figure 19 : Implantation des collèges de l'agglomération grenobloise par rapport à la voirie.	27
Figure 20 : Benzène - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	28
Figure 21 : Toluène - Comparaison des niveaux en fonction du type de salle.	30
Figure 22 : Toluène - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	30
Figure 23 : Xylènes - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	32
Figure 24 : Formaldéhyde - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	34
Figure 28 : Formaldéhyde - Influence de la température.	35
Figure 29 : Formaldéhyde - comparaison entre les salles.	35
Figure 30 : Formaldéhyde - Influence de la VMC.	35
Figure 26 : Formaldéhyde : Evolution des concentrations au cours de l'année	35
Figure 27 : Formaldéhyde : Mesures avec et sans VMC	35
Figure 31 : Acétaldéhyde - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	37
Figure 32 : COV - Concentrations moyennes en fonction de la saison.	38
Tableau 1: Origine des BTEX et effets sur la santé (source : OQAI)	8
Tableau 2 : Les aldéhydes mesurés	9
Tableau 3 : Valeurs guides de qualité de l'air intérieur proposées par l'AFSSET.	12
Tableau 4 : Valeurs de gestion de la qualité de l'air proposées par le HCSP.	13
Tableau 5 : Norme NF EN 312	18
Tableau 6 : Taux de renouvellement d'air dans les différents établissements	23
Tableau 7 : Taux de renouvellement d'air et système de ventilation.	23
Tableau 8 : Dioxyde d'azote - récapitulatif des résultats.	26
Tableau 9 : NO ₂ – Rapport C_{int} / C_{ext}	26
Tableau 10 : Benzène - récapitulatif des résultats.	28
Tableau 11 : Benzène - Rapport C_{int} / C_{ext}	28
Tableau 12 : Toluène - récapitulatif des résultats.	30
Tableau 13 : Toluène - Rapport C_{int} / C_{ext}	30
Tableau 14 : Xylènes - récapitulatif des résultats.	32
Tableau 15 : Xylènes - Rapport C_{int} / C_{ext}	32
Tableau 16 : Formaldéhyde - récapitulatif des résultats.	34
Tableau 17 : Formaldéhyde - Rapport C_{int} / C_{ext}	34
Tableau 18 : Acétaldéhyde - récapitulatif des résultats.	37
Tableau 19 : Acétaldéhyde - Rapport C_{int} / C_{ext}	37
Tableau 20 : Récapitulatif des résultats par établissement.	44

1.Introduction

Les premiers résultats des études menées par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) confirment bien la nécessité de mieux connaître la qualité de l'air dans les locaux privés ou publics. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les établissements scolaires dans lesquels les élèves, les enseignants et les personnels administratifs passent plus de 6 heures par jour en période scolaire.

Le Plan National Santé Environnement 2009-2012 (PNSE^a) confirme cette orientation et prévoit dans le cadre de ses différentes actions de réduire les expositions dans les bâtiments accueillant des enfants, de mieux gérer la qualité de l'air intérieur dans les lieux publics et de mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur et renforcer la réglementation.

Dès 2006 et afin de répondre à cet objectif, ASCOPARG s'est impliqué fortement dans cette démarche en contribuant à l'enquête régionale^c effectuée par l'ensemble des associations de surveillance de la qualité de l'air de la région Rhône-Alpes dans les écoles maternelles et crèches et concernant la mesure du formaldéhyde, polluant classé cancérigène par le CIRC¹.

Au cours de l'année scolaire 2007-2008, ASCOPARG a réalisé avec le soutien financier de Grenoble Alpes Métropole, une étude de faisabilité consistant en un diagnostic de Qualité de l'Air Intérieur dans 4 écoles de l'agglomération grenobloise^d. Les résultats de cette étude mettent en évidence le besoin d'information pour les gestionnaires et les utilisateurs des établissements concernés tant sur les comportements à adopter que sur la nécessité d'améliorer les connaissances sur les émissions des matériaux et des produits utilisés pour l'entretien et les activités manuelles dans les écoles. La démarche utilisée pour cette étude a été bien accueillie par les partenaires concernés et devrait permettre de poursuivre ces investigations vers d'autres établissements scolaires.

Afin de prolonger cette démarche, ASCOPARG et Sup'AIR ont proposé au Conseil Général de l'Isère de mettre en place une étude ayant pour objectif de développer un protocole permettant la réalisation d'une expertise de qualité de l'air intérieur dans 8 collèges du département. Cette expertise sera complétée par différentes phases d'information auprès des acteurs concernés (enseignants, gestionnaires ...) tout au long de la réalisation de l'étude.

2.Contexte et Méthodologie

L'étude que nous avons réalisée s'est déroulée en deux étapes :

- une visite préalable de l'établissement,
- trois campagnes de mesures des polluants réparties sur les trois trimestres scolaires.

1. Choix des établissements :

Les établissements choisis pour réaliser cette première étude ont été déterminés en accord avec les représentants du Conseil Général de l'Isère. Deux critères de sélection ont été particulièrement retenus :

- les établissements devaient être répartis sur l'ensemble du département,
- les établissements choisis devaient être représentatifs des différentes constructions présentes dans le département :
- construction traditionnelle (béton, parpaings...), structure bois
- Label HQE
- année de construction

¹ CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer.

Compte tenu du faible nombre d'établissements que nous pouvions investiguer lors de cette étude (8 établissements), il n'a pas été possible d'avoir une représentation exhaustive de tous les types de constructions présentes sur le département. Nous avons toutefois choisi des établissements de conception très variée :

- construction bois ou traditionnelle
- présence ou non de système de ventilation mécanique,
- différentes années de construction,
- bâtiment répondant aux critères HQE.

Les collèges retenus sont :

- Servenoble à Villefontaine
- Saint Chef
- Iles de Mars à Pont de Claix
- Louis Lumière à Echirolles
- Les Eaux Claires à Grenoble
- Les Buclos à Meylan
- l'Isle à Vienne
- Chatte

Le collège Servenoble à Villefontaine a subi un incendie important lors des vacances d'été. Bien que cette étude n'ait pas pour objectif principal de vérifier l'incidence de cet incendie sur la qualité de l'air intérieur, les mesures qui seront faites dans le cadre de ce travail pourront permettre de mieux en appréhender l'impact éventuel.

2. Visite de l'établissement :

L'objectif de la visite effectuée dans chaque établissement consiste en un diagnostic visuel permettant d'estimer les paramètres pouvant influencer sur la qualité de l'air intérieur et de sensibiliser le personnel (enseignant et administratif) des collèges à une meilleure prise en compte de leur environnement. La démarche à ce stade ne s'appuie pas sur des critères réglementaires.

Elles se sont déroulées en présence du Principal de l'établissement ou de son représentant et, si possible, du chargé d'opération du territoire concernée.

Au cours de ces visites, les points suivants ont été abordés :

- Environnement extérieur à 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 utilisés par les élèves.

Les visites ont été effectuées uniquement durant les périodes de fonctionnement normal de l'établissement et en fonction de la disponibilité du personnel. Elles ont eu lieu le :

- 16 octobre 2008 au collège "Servenoble" à Villefontaine
- 23 octobre 2008 au collège de Saint Chef
- 13 novembre 2008 au collège "Iles de Mars" à Pont de Claix
- 14 novembre 2008 au collège "Louis Lumière" à Echirolles
- 20 novembre 2008 au collège " Les Buclos" à Meylan
- 20 novembre 2008 au collège de Chatte
- 26 novembre 2008 au collège de "l'Isle" à Vienne
- 27 novembre 2008 au collège "Les Eaux Claires" à Grenoble

Au cours de ces visites nous avons pu déterminer les salles qui feraient l'objet d'une mesure des polluants.

Chaque visite a fait l'objet d'un compte rendu.

3. Les campagnes de mesures :

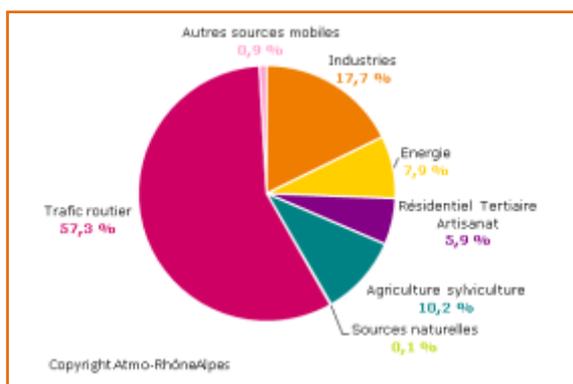
Afin de compléter les informations obtenues lors de la visite du collège, nous avons réalisé une mesure des polluants les plus fréquemment rencontrés dans les établissements scolaires et susceptibles d'avoir un impact sur la santé. Les campagnes de mesures se sont déroulées du lundi matin au vendredi après midi (4,5 jours).

Elles ont été renouvelées à trois reprises au cours des 3 saisons correspondant aux trois trimestres de l'année scolaire de façon à représenter au mieux la période de travail des élèves.

Dans chaque établissement, 4 salles (Centre de Documentation et d'Information (CDI), deux salles de classe, une salle de technologie) et un point extérieur ont fait l'objet de mesures de polluants. Compte tenu de leur spécificité, les salles de travaux pratiques de chimie et biologie n'ont pas été retenues.

1. Les polluants et paramètres mesurés :

1. Le dioxyde d'azote (NO₂) :



Ce polluant est présent dans l'environnement extérieur (émissions liées au trafic automobile et aux installations de chauffage) et dans l'environnement intérieur (chauffage, cuisinières). Il est soumis à la réglementation européenne et française concernant l'air ambiant.

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Figure 1 : NOx - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère. (Emissions 2003 – Version 2008-3).

2. Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) :

A l'intérieur, ces molécules sont des marqueurs d'une pollution liée aux activités manuelles (peinture, dessin et collage), excepté pour le benzène. Ce dernier, soumis à la réglementation, ne doit pas entrer dans la composition de produits d'usage courant.

A l'extérieur, ils proviennent de l'automobile et du chauffage au bois, voire d'activités pouvant manipuler ce type de composés. Ainsi, la mesure des concentrations dans une salle de classe permet de sensibiliser les enseignants à l'utilisation et au choix des produits utilisés.

Parmi ces polluants, seul le benzène, classé cancérigène par le CIRC, est soumis à la réglementation européenne et française concernant l'air extérieur (valeur limite = $5\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2010) et objectif de qualité = $2\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). L'AFSSET a publié en 2008 un avis concernant les Valeurs Guides de Qualité de l'Air Intérieur pour ce polluant (voir paragraphe 2.4).

Pour le toluène, l'OMS² préconise une valeur guide pour l'air extérieur de $260\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne journalière.

Composés	Sources spécifiques	Effets sur la santé
benzène	Trafic automobile, Chauffage - Tabac, Produits d'entretien	Cancérigène (groupe 1 du CIRC)
toluène	Produits d'entretien	
éthylbenzène	Automobile, cires	
xylènes	Peintures, vernis, colles	

Tableau 1: Origine des BTEX et effets sur la santé (source : OQAI³)

3. Les Composés Organiques Volatils :

Le terme Composés Organiques Volatils (COV) désigne un ensemble important de polluants dont les caractéristiques varient selon la nature du COV considéré. La famille des COV regroupe toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) mais également celles dont les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène. La sous-famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupe les molécules qui présentent des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

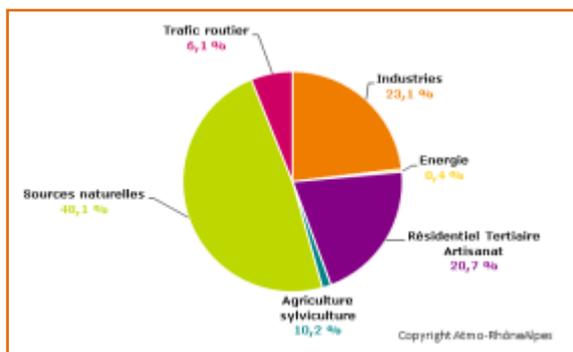


Figure 2 : COVNM - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère (Emissions 2003 - Version 2008-3).

Ces composés se retrouvent aussi bien dans l'environnement extérieur (émissions de pots d'échappement, industries, combustions ...) que dans l'environnement intérieur (émissions des matériaux, des produits d'entretien, de bricolage ...). Les effets sur la santé sont très variables selon le produit considéré.

Les COV mesurés dans cette étude sont ceux que l'on mesure habituellement dans l'environnement extérieur (annexe 1). Ces composés ont été choisis car ils sont des précurseurs de l'ozone et répondent à la directive 2008/50/CE^e. Ils ne correspondent pas à tous les composés classés prioritaires à déterminer pour les environnements intérieurs par l'OQAI (annexe 2).

² OMS : Organisation Mondiale de la Santé

³ OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

4. Les aldéhydes dont le formaldéhyde :

Cette famille de composés fait l'objet de nombreuses études^{c,d,f} concernant l'air intérieur et en particulier dans les établissements scolaires où ils peuvent présenter des niveaux élevés de formaldéhyde. Bien qu'ils soient présents dans l'environnement extérieur (émissions liées aux "biocarburants", photochimie), c'est essentiellement dans les environnements intérieurs qu'ils se retrouvent (produits de bricolage et d'entretien, matériaux, fumée de cigarette ...).

Le formaldéhyde est un irritant des voies respiratoire. Il est classé cancérigène certain par le CIRC et l'AFSSET a publié en 2007 un avis concernant les Valeurs Guides de Qualité de l'Air Intérieur pour ce polluant (voir paragraphe 2.4).

Les aldéhydes mesurés sont les suivants :

Composés	Sources spécifiques	Effets sur la santé
Formaldéhyde	Photochimie, photocopieurs, panneaux de particules, de fibres et bois brut, livres neufs, peintures phase solvants, fumée de cigarettes	Cancérigène (Groupe 1 du CIRC), Irritant Nez, gorge, yeux
Acétaldéhyde	Photochimie, Fumée de cigarettes, Panneaux de particules et bois brut,	Irritant des yeux et voies respiratoires supérieures
Propionaldéhyde	Fumée de cigarettes	
Butyraldéhyde	Photocopieurs	
Benzaldéhyde	Peintures phase solvants, Photocopieurs, Parquets traités	Irritant des yeux et voies respiratoires supérieures, Incidence accrue de maladies respiratoires
Isovaléraldéhyde	Parquets traités, Panneaux de particules	
Valéraldéhyde	Livres neufs, Peintures phase solvants, Panneaux de particules	

Tableau 2 : Les aldéhydes mesurés

5. Température, humidité relative et dioxyde de carbone (CO₂) :

A l'intérieur, le CO₂ est produit par l'activité humaine (respiration) et lors d'une combustion à partir de combustibles fossiles (fuel, gaz, charbon ...). Dans les salles de classe, ce sont essentiellement les rejets de gaz carbonique et de vapeur d'eau par les occupants lorsqu'ils respirent qui sont à l'origine de l'augmentation des niveaux de CO₂ et de l'humidité relative. Les niveaux peuvent augmenter très rapidement si l'air de la pièce n'est pas suffisamment renouvelé.

Le gaz carbonique et l'humidité relative sont donc des indicateurs du taux de renouvellement d'air pour l'air intérieur. Ils peuvent permettre de mettre en évidence une mauvaise aération susceptible de provoquer une accumulation des polluants. L'étude de la décroissance des niveaux de CO₂ en absence de sources (occupants en particulier) permet de vérifier le taux de renouvellement d'air de la pièce concernée (décroissance lente => taux faible de renouvellement d'air).

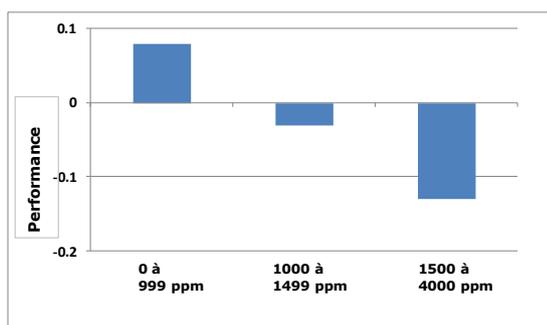


Figure 3 : CO₂ et test de performance (Myhrvold, 1995)

Dans un local, une teneur en CO₂ supérieure à 1000 ppm est signe d'un confinement.

L'augmentation des teneurs en CO₂ dans une salle de classe entraîne une diminution notable des performances des élèves. La figure ci-contre montre une diminution de compréhension d'un texte par les élèves. Cette diminution peut être supérieure à 10% pour les gammes de concentration en CO₂ les plus élevées. Elle débute dès que les niveaux atteignent 1000 ppm.

2. Matériel

1. Mesures par tubes à diffusion passive :

Cette méthode a été utilisée pour la mesure du dioxyde d'azote, des BTEX et des aldéhydes. Dans chaque salle investiguée et à l'extérieur de l'établissement, un tube à diffusion a été exposé du lundi matin au vendredi soir de chaque campagne. Les concentrations mesurées sont donc des moyennes sur 4,5 jours.



Figure 4: Tubes à diffusion passive (NO₂ et BTEX)

Les tubes utilisés sont :

BTEX : code 145 de la société Radiello®

Aldéhydes : code 165 de la société Radiello®

NO₂ : tubes NO₂ standard de la société PASSAM ag®.

Les analyses ont été effectuées par :

BTEX et aldéhydes : le Laboratoire Inter régional de Chimie (GIE LIC) du Grand Est basé à l'ASPA (association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace).

NO₂ : Société PASSAM ag®⁴.

Les caractéristiques relatives aux techniques d'analyses, précision et limites de détection pour ces mesures sont décrites dans les documents fournis par les différents fournisseurs.

2. Mesures en continu :



Figure 5: mesure du CO₂ et de la température.

Les mesures du CO₂, de la température et de l'humidité relative ont été réalisées en continu au moyen d'un analyseur de type Q-Trak 8552 permettant des mesures sur un pas de temps de 1 minute. Cet appareil est identique à celui utilisé lors des études réalisées dans les écoles et les crèches par les AASQA Rhône-Alpes et lors de l'enquête nationale logements effectuée par l'OQAI.

Par ailleurs, un suivi de la température a été effectué pendant toute la période de mesure sur chaque site des établissements visités à l'aide de thermomètres enregistreur de type Radiello®. Ce suivi a permis d'estimer la température moyenne de chaque salle étudiée (extérieur y compris) sur la période et d'observer dans chaque classe l'effet des périodes d'ouverture et de fermeture des fenêtres sur la température.

⁴ Passam Ag® – CH-8708 Männedorf – Suisse - <http://www.passam.ch>

3. Mesures par canister :



Les canisters d'une contenance de 5 litres sont au préalable mis sous vide. Lors de leur ouverture, ils aspirent l'air extérieur à travers une tête de prélèvement permettant de réguler le débit d'aspiration. L'aspiration cesse lorsque la pression à l'intérieur du canister est égale à la pression extérieure. Selon la tête de prélèvement, il est possible de remplir le canister soit en 8 heures, soit en 24 heures.

Figure 6: Canister Des prélèvements par canister ont été effectués sur une période de 8h (8h à 16h) dans 1 classe de chaque établissement. Ces prélèvements permettent l'analyse de plusieurs Composés Organiques Volatils (annexe 1).

Après prélèvement, le contenu des canisters est analysé par le laboratoire du GIE Atmo Rhône-Alpes.

3. Période de mesures :

Afin d'avoir une bonne représentativité des différentes conditions climatiques (et donc potentiellement d'appréhender la variabilité des températures à l'intérieur des locaux et des taux de ventilation notamment), trois périodes de mesures réparties dans l'année sont retenues.

4. Valeurs guides et valeurs de gestion de qualité de l'air intérieur :

Les valeurs guide de l'AFSSET :

L'Agence française de Sécurité Sanitaire, de l'Environnement et du Travail (AFSSET) a déterminé en 2007 des valeurs guides en qualité de l'air intérieur (VGAI) pour différentes substances⁹. Ces valeurs guides de qualité de l'air intérieur ont pour principal objectif de fournir une base pour protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation et d'éliminer, ou de réduire, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être. Elles serviront de base pour établir les valeurs de gestion de qualité de l'air intérieur qui seront préconisées dans le cadre de la surveillance des écoles et des crèches (voir paragraphe ci-dessous).

Substances	VGAI proposées	Parution	
Formaldéhyde	VGAI court terme : pour une exposition de 2 heures	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	2007
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
Monoxyde de carbone	VGAI court terme		2007
	- pour une exposition de 8 heures	10 mg.m^{-3}	
	- pour une exposition de 1 heure	30 mg.m^{-3}	
	- pour une exposition de 30 mn	60 mg.m^{-3}	
	- pour une exposition de 15 mn	100 mg.m^{-3}	
Benzène	VGAI Court terme :		2008
	- pour une exposition d'1 jour à 14 jours	30 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	VGAI intermédiaire :		
	- pour une exposition de plus de 2 semaines à 1 an	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	VGAI long terme :		
- pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$		
	- pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-6}	0,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	- pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-5}	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
Naphtalène	VGAI long terme :		2009
	- pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
Trichloréthylène	VGAI intermédiaire :		2009
	- pour une exposition > 2 semaines et < 1 an	800 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	VGAI long terme :		
	- pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-6}	2,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	- pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-5}	23 $\mu\text{g.m}^{-3}$	

Tableau 3 : Valeurs guides de qualité de l'air intérieur proposées par l'AFSSET.

Les valeurs de gestion de la qualité de l'air intérieur :

Suite au Grenelle de l'Environnement, le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les lieux ouverts au public a été décidé (engagement n° 152).

Le PNSE II prévoit une surveillance obligatoire des écoles et crèches pour 2012/2013.

Si les collèges ne sont pas directement concernés par cette proposition, il est fort probable que l'on assiste à une demande importante des parents d'élèves et des enseignants de ces établissements lors de la publication des premiers résultats de ces études et contrôles.

Des études⁵ sont actuellement en cours pour tester des protocoles de mesure pour différentes substances pouvant faire l'objet d'une surveillance.

Elles concernent dans un premier temps les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance. 300 de ces établissements répartis sur l'ensemble du territoire feront l'objet d'investigations lors de deux campagnes de mesures programmées pour les années 2009 – 2010. Les polluants concernés sont ceux pour lesquels des valeurs guides sanitaires étaient disponibles; à savoir : le formaldéhyde, le benzène et le monoxyde de carbone. Suite à cette étude, des valeurs de gestion de la QAI devraient être publiées afin de proposer, en fonction des niveaux de polluants trouvés dans les établissements des actions correctives à mener.

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a défini des valeurs repères qui sont établies dans le but d'orienter l'action publique. Trois valeurs repères sont prévues pour tous les polluants qui feront l'objet d'une proposition :

- une valeur repère de qualité de l'air :

C'est la valeur en dessous de laquelle il n'y a pas d'action spécifique à engager à court terme. Elle peut être considérée comme la teneur maximale acceptable pour une bonne qualité de l'air vis-à-vis du polluant considéré dans les conditions régulières d'occupation d'un local. Cette valeur est appelée à décroître linéairement au fil des années afin d'atteindre la valeur cible de l'AFSSET.

- Une valeur d'information et de recommandation (VIR) :

Elle détermine un niveau de contamination qui ne doit pas être dépassé dans un local habité. Si c'est le cas, il est nécessaire d'identifier les sources et de réduire dans les meilleurs délais (quelques mois) celles dont l'impact est le plus important. Cette valeur connaîtra également une décroissance linéaire afin d'atteindre à terme la valeur guide de l'AFSSET.

- Une valeur d'action rapide (VAR) :

Elle correspond à un niveau de concentration tel que des travaux et actions d'amélioration sont nécessaires à court terme afin d'identifier les sources de pollution et de les neutraliser.

A ce jour, le CSHP a publié les valeurs retenues pour le formaldéhyde et le benzène :

		Valeur cible	Valeur repère (2009)	Valeur d'Information et recommandation	Valeur d'action rapide	Bâtiments neufs en 2012
Formaldéhyde	Exposition long terme	10 µg.m ⁻³	30 µg.m ⁻³ en 2009	50 µg.m ⁻³	100 µg.m ⁻³	
			20 µg.m ⁻³ en 2014			
			10 µg.m ⁻³ en 2019			
Benzène		2 µg.m ⁻³	5 µg.m ⁻³ en 2010 2 µg.m ⁻³ en 2015		10 µg.m ⁻³	2 µg.m ⁻³

Tableau 4 : Valeurs de gestion de la qualité de l'air proposées par le HCSP.

⁵ Etudes pilotées par la Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) en partenariat avec le CSTB. Les AASQA, dont celles de Rhône-Alpes sont associées à ces travaux dans leurs régions respectives.

3. Résultats

1. Les visites des établissements :

Chaque visite a fait l'objet d'un compte rendu individuel (annexes 4 à 11).

1. L'environnement extérieur :

Il peut influencer fortement sur les niveaux de polluants que l'on peut retrouver à l'intérieur dans les salles de classe. La proximité d'un axe de circulation important, d'un site industriel, d'une chaufferie ou d'une installation même de moindre taille susceptible d'émettre des polluants telle que pressing, station d'essence, imprimerie peut contribuer à une augmentation significative des niveaux de pollution à l'intérieur de l'établissement.

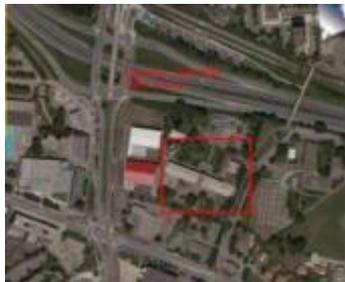


Figure 8 : Le collège Louis Lumière à Echirolles situé le long de la rocade sud.

Plusieurs sites sont potentiellement sous l'influence de sources de polluants. Ce sont principalement : les collèges Louis Lumière à Echirolles, des Buclos à Meylan et de l'Isle à Vienne situés à proximité d'un axe de circulation très important et le collège des Iles de Mars au Pont de Claix situé à l'ouest de la plate forme chimique du Pont de Claix.

L'environnement extérieur peut influencer la qualité de l'air à l'intérieur des classes.

2. Les aspects généraux du bâtiment :

Ces aspects concernent aussi bien l'extérieur que l'intérieur du bâtiment. Les phases d'entretien (isolation, peinture ...), les réaménagements (modifications de destination des salles) ou les agrandissements sont souvent à l'origine de modifications importantes dans le principe de fonctionnement général du bâtiment.



Figure 7 : Evacuation des gaz de combustion d'une chaufferie à Villefontaine.

La construction d'un ensemble aussi complexe qu'un collège demande une vision globale de l'ensemble du bâtiment. Dans l'exemple ci-contre, alors que la réglementation semble bien respectée, on peut noter que les émissions issues des cheminées de la chaufferie du collège peuvent, selon la direction du vent, pénétrer dans les salles situées à proximité (appartements de fonction dans cet exemple).

Une bonne qualité de l'air nécessite une vision globale de la construction.

Ces aspects sont fréquemment rencontrés dans de nombreuses constructions, qu'elles soient à gestion publique ou privée. Ils montrent bien la nécessité d'une vision globale de la construction dans laquelle chaque élément a des contraintes et est dépendant d'autres facteurs.

3. Le renouvellement d'air :

Au cours de nos visites, nous avons pu présenter aux interlocuteurs présents, les points qui pouvaient être améliorés. Les principales observations concernent essentiellement les systèmes de renouvellement d'air.

Ceux-ci peuvent se présenter sous différentes formes :

1. ventilation naturelle :

C'est le cas dans les établissements les plus anciens. L'apport d'air neuf provenant de l'extérieur est assuré par la perméabilité du bâtiment (fenêtres non hermétiques, perméabilité des murs ...). Ce dispositif peut être complété par des entrées d'air neuf situées en partie basse des salles de classe ou des locaux communs et des sorties d'air vicié situées en partie haute de ces mêmes pièces ou des extracteurs disposés en toiture.



Figure 9: Bouches d'entrée d'air neuf obturées suite à la mise en place d'un cloison.

Ce système est celui en place dans les collèges de l'Isle à Vienne, des Iles de Mars à Pont de Claix et des Buclos à Meylan.

L'utilisation de ce système de renouvellement d'air reste tout à fait efficace sous réserve de ne pas empêcher les infiltrations d'air par les murs et fenêtres ou en obturant les entrées d'air comme c'est le cas au collège de Pont de Claix.

Le calfeutrement des bâtiments dans le but d'économiser l'énergie est souvent à l'origine d'un défaut de renouvellement d'air.

2. Ventilation mécanique contrôlée (VMC) :

Ventilation simple flux :

Le principe de fonctionnement consiste à aspirer l'air neuf (propre) provenant de l'extérieur à travers des entrées d'air souvent situées sur les fenêtres des classes. Un extracteur d'air mécanique (VMC) placé dans les pièces dites humides (sanitaires) rejette l'air des salles de classe vers l'extérieur. L'extracteur peut être situé dans la salle de classe elle-même. Dans ce cas, chaque pièce doit être équipée d'un tel système.

Les collèges Louis Lumière à Echirolles, et Servenoble à Villefontaine sont équipés par un système de ventilation mécanique simple flux.

Au collège Louis Lumière d'Echirolles, le système d'extraction d'air situé dans une partie du bâtiment est relativement bruyant et gênant pour les enseignants. De ce fait, celui-ci est systématiquement arrêté pendant les heures de cours. Le système est remis en fonctionnement à la pause de midi et après les cours jusqu'au lendemain matin. Il est donc en fonctionnement au moment où l'on a le moins d'émissions de CO₂.

Pour fonctionner correctement, une VMC nécessite des entrées et des extractions d'air libres de tous obstacles.

Ventilation double flux :



Figure 10 : Installation VMC double flux.

Basé sur le même principe que la VMC simple flux, l'air admis dans les salles de classe est au préalable réchauffé en passant dans un échangeur de chaleur. Les bouches d'admission d'air neuf ne sont plus situées sur les ouvrants extérieurs mais disposées (au plafond ou sur un mur) dans chaque salle de classe.

Ce système équipe les établissements les plus récents, à savoir les collèges de Chatte, Saint Chef, des Eaux Claires à Grenoble. Ces établissements sont d'ailleurs construits selon les recommandations liées au Label HQE. Lors de notre visite, nous avons pu constater que la ventilation du collège de Chatte était à l'arrêt en raison de la gêne qu'elle provoquait (bruit et courant d'air important).

Dans le cas d'utilisation d'un système de renouvellement d'air par VMC (simple flux ou double flux), des débits d'extraction d'air doivent être appliqués (annexe 3).

3. Installations mixtes :

L'utilisation de plusieurs de ces procédés au sein d'un même bâtiment peut conduire à des dysfonctionnements importants. On observe ce genre de situation lors du réaménagement ou de l'agrandissement des bâtiments.



Figure 11 : Salle de classe aménagée ultérieurement et équipée d'une VMC.

C'est le cas du collège de Vienne au sein duquel, une extension a été réalisée. Celle-ci est équipée d'un système VMC alors que le renouvellement d'air du reste du bâtiment est assuré par ventilation naturelle. L'extraction mécanique réalisée dans les nouvelles salles de classe a certainement tendance à aspirer une bonne part de l'air des couloirs du reste du bâtiment et non pas à puiser l'air extérieur à travers les ouvertures réalisées dans les huisseries de ces salles de cours.

Dans la plupart des établissements visités, il a été très difficile, voire impossible, de déterminer précisément le mode de fonctionnement de l'ensemble du système de renouvellement d'air en place même lorsque la personne en charge de la maintenance du collège était présente. Cet aspect montre bien la méconnaissance du fonctionnement de ce type d'installation et laisse entrevoir les difficultés qui risquent d'apparaître pour les phases d'entretien.

Une ventilation mal conçue peut engendrer plus de nuisance que d'efficacité.

[RSD TYPE]^k " La ventilation des locaux peut être soit mécanique ou naturelle par conduits, soit naturelle pour les locaux donnant sur l'extérieur, par ouverture de portes, fenêtres ou autres ouvrants ".

[Code du Travail] " L'aération exclusive par ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur est autorisée si le volume par occupant est égal ou supérieur à :

- a) 15m³ pour les bureaux ainsi que pour les locaux où est effectué un travail physique léger,
- b) 24m³ pour les autres locaux

RSD : Règlement Sanitaire Départemental.

4. L'aération des locaux par l'ouverture des fenêtres :

L'ouverture des fenêtres lors des interclasses et de la pratique d'activités "polluantes", est un complément efficace à la ventilation. A noter toutefois que l'aération par ouverture des fenêtres ne permet pas une ventilation correcte des locaux en toute circonstance. En effet, aucune maîtrise des débits de renouvellement d'air n'est possible avec un tel dispositif. Les exigences liées à la notion de "volume/occupant" du Code du Travail et du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSD TYPE) interdisent de fait l'aération par usage unique d'ouverture des fenêtres dans de nombreux locaux des bâtiments d'enseignement, notamment du fait de la réduction du volume des salles par occupant.

Ouvrez les fenêtres pendant les interours, à la fin de la classe et après avoir pratiqué des activités de dessin et de bricolage.

4. Les matériaux de construction :

Le choix des matériaux de construction joue un rôle important sur la qualité de l'air intérieur. Certains d'entre eux peuvent émettre de nombreux polluants pendant des périodes très longues (peintures, colles, bois agglomérés ...), d'autres sont favorables à l'accumulation de polluants principalement d'origine animale (moquette).

Nous n'avons pas rencontré lors de nos visites de matériaux particulièrement visés par ce genre d'émissions. Les bâtiments sont construits de façon traditionnelle avec des matériaux considérés comme inertes du point de vue des émissions (béton, carrelage ...). A quelques rares exceptions (partie administrative et CDI à Saint Chef), les parois et les sols ne sont pas recouverts de moquettes ou de matériaux susceptibles de jouer un rôle accumulateur de germes ou de biocontaminants. Le collège de Chatte se singularise toutefois avec sa construction "ossature bois" qui pourrait être à l'origine d'émissions de polluants assez importantes. Les émissions éventuelles de polluants spécifiques propres à ce type de construction restent à vérifier lors des mesures de polluants que nous devons effectuer.

Bientôt de nouvelles normes sur les émissions de polluants par les matériaux.

5. L'entretien des bâtiments :

Au cours de nos visites, nous avons pu constater la présence de tâches d'humidité essentiellement sur les plafonds, dans plusieurs établissements (Pont de Claix, Echirolles et Meylan). Au collège de



Figure 12 : Humidité sur un plafond.

Villefontaine, une odeur importante d'humidité peut être ressentie dans la partie administrative de l'établissement. Les infiltrations d'eau soit par le toit, soit en paroi peuvent représenter un risque sanitaire important en favorisant l'apparition de moisissures souvent à l'origine de l'apparition d'allergies et de crises d'asthme.

L'entretien du bâtiment : un facteur important de la qualité de l'air intérieur.

La dégradation de certains matériaux peut aussi être à l'origine de présence de fibres dans l'air des salles de classe. C'est particulièrement le cas pour les produits d'isolation et les dalles recouvrant les sols. L'enlèvement ou le recouvrement de ces matériaux permet d'éviter ce type de contamination. Le traitement spécifique des surfaces concernées doit alors être réalisé par une entreprise agréée.

1. Le mobilier :

Concernant le mobilier présent dans les classes, il est encore très difficile de trouver des matériaux produisant moins d'émission de polluants. Des travaux sont actuellement en cours pour développer des critères de choix.

Classe	Méthode d'essai	
	NF EN 120 Teneur	NF ENV 717-1 Dégagement
E1	≤ 8 mg/ 100g de panneau sec	≤ 0,124 mg/ m3 d'air.
E2	≥ 8 mg/ 100g de panneau sec et ≤ 30 mg / 100 g panneau sec	≥ 0,124 mg/ m3 d'air.

Tableau 5 : Norme NF EN 312

La norme NF EN 312 (février 2004) définit deux classes en termes de dégagement ou de teneur en formaldéhyde pour les panneaux de particules.

Prévoyez d'équiper et de rénover les classes dès le début des vacances scolaires.

Les émanations de gaz polluants, dont le formaldéhyde, sont beaucoup plus importantes lorsque le mobilier est neuf (odeur caractéristique piquante) et les premiers jours lors de l'application de peintures ou produits divers.

L'équipement en nouveaux matériels des salles de classe (bureaux, chaises, placards) et les travaux de rénovation (peinture, revêtement de sol ...) doivent de préférence être effectués en début de congés scolaire afin de permettre une bonne aération des locaux avant que les élèves ne soient présents.

Le stockage de mobilier à l'air libre (préau) avant installation dans les classes permet d'éliminer une bonne partie de ces polluants.

6. Aspects par établissements

Sans présenter un caractère exhaustif, le tableau suivant reprend les principales observations que nous avons pu faire dans les établissements visités :

	Chatte	Echirolles	Saint Chef	Villefontaine
Environnement extérieur	Pas de risque identifié	Influence de la voirie située à proximité	Pas de risque identifié	Cheminée de la chaufferie pouvant polluer l'air intérieur.
Ventilation	VMC double flux arrêtée	Arrêt de la VMC pendant les heures d'occupation	VMC ne fonctionne pas	Pas d'anomalie constatée
Matériaux de construction	Influence possible de la construction bois	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié
Aspects généraux	Pas d'entrées d'air neuf dans les sanitaires extérieurs	Présence de tâches d'humidité, odeur importante dans la salle audio visuel.	Pas d'anomalie identifiée	Un secteur du bâtiment humide (administration)
Divers	Armoire de stockage des produits chimiques à l'arrêt	Armoire de stockage des produits chimiques non ventilée	Pas d'anomalie identifiée	Persistence d'odeurs liées à l'incendie dans quelques zones.

	Pont de Claix	Meylan	Vienna	Grenoble
Environnement extérieur	Influence potentielle du site chimique	Influence potentielle de la voirie	Influence potentielle de la voirie	Pas de risque identifié
Ventilation	Bouches d'aération obstruées	Pas d'anomalie constatée	Deux systèmes de ventilation incompatibles.	VMC double flux apparemment efficace
Matériaux de construction	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié
Aspects généraux	Présence de tâches d'humidité	Présence de tâches d'humidité	Dégradation d'isolants acoustique dans le réfectoire	Pas de risque identifié
Divers	Pas d'anomalie identifiée	Pas d'anomalie identifiée	Pas d'anomalie identifiée	Pas d'anomalie identifiée mais bâtiment HQE très récent à suivre.

	Risque potentiel mais non observé
	Pas de risque identifié
	Respect des recommandations mais d'autres polluants peuvent être présents
	Gêne pouvant être ressentie sous certaines conditions
	Qualité de l'air pouvant présenter une gêne ou un risque pour la santé
	Qualité de l'air entraînant une gêne ou un risque réel.

Ce constat résulte des visites des établissements au cours desquelles seules des investigations visuelles ont été effectuées. Les résultats des campagnes de mesures permettront certainement d'affiner ce diagnostic.

D'autres contrôles, que nous ne pouvons effectuer, concernant la mesure des débits d'extraction d'air pour les établissements équipées d'une VMC, permettraient un diagnostic complet de ces systèmes.

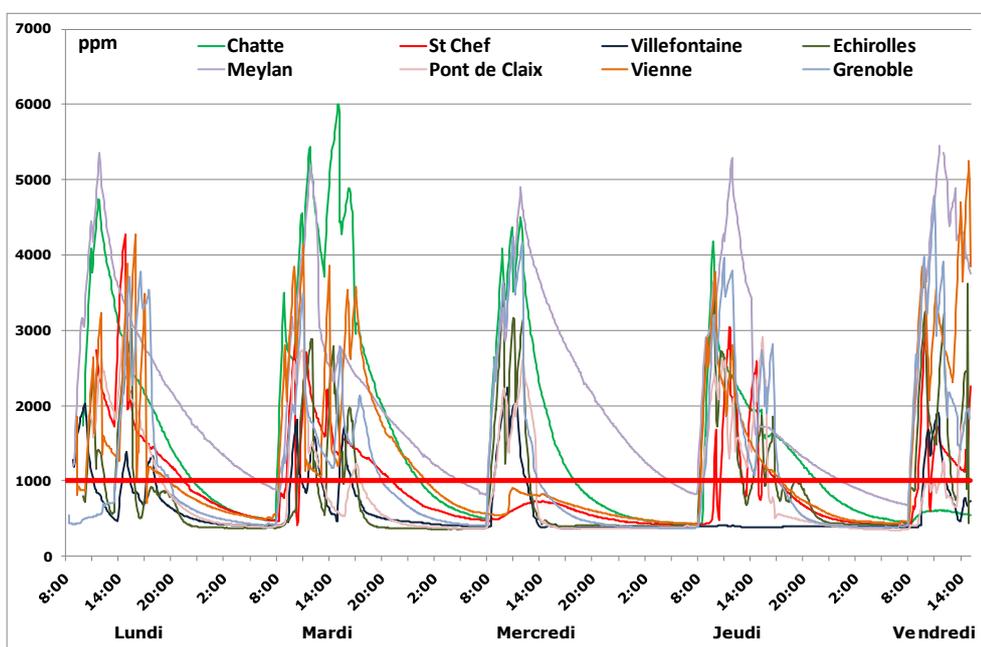
2. Les campagnes de mesures :

1. La mesure du CO₂ :

La mesure en continu du CO₂ permet de cibler deux objectifs :

- L'étude du confinement de la pièce étudiée : des concentrations élevées de CO₂ sont preuve d'un confinement de la salle. On considère que l'air est confiné lorsque les teneurs sont supérieures à 1000 ppm.
- L'étude des courbes (essentiellement lors de la croissance ou de la décroissance des teneurs en CO₂) permet d'évaluer le taux de renouvellement d'air de la salle et de vérifier le bon fonctionnement du système de renouvellement d'air.

1. Evolution journalière des teneurs en CO₂ :



**Gaz carbonique :
Des teneurs
largement
supérieures à
1000 ppm.**

Figure 13 : Evolution des teneurs en CO₂ au cours de la semaine dans une salle de classe (campagne d'hiver).

Quel que soit l'établissement considéré, les courbes présentent les mêmes caractéristiques générales avec une augmentation très rapide des concentrations dès que les élèves entrent dans la classe et une diminution plus ou moins rapide selon l'établissement lorsqu'ils quittent la salle. Un examen plus précis des courbes révèle de fortes différences quant à l'évolution des taux de CO₂ selon l'établissement mais aussi en fonction de la saison et des habitudes des occupants.

Dans les exemples qui suivent, nous avons extrait de l'ensemble des données recueillies au cours des 3 campagnes de mesures, les profils qui semblaient les plus marquants. Ce ne sont pas spécialement des profils présentant les valeurs les plus élevées, mais ceux qui permettent de mettre en évidence les principaux paramètres intervenant dans le confinement d'une salle de classe.

2. Description de l'occupation d'une salle de classe :

La courbe suivante montre l'évolution des teneurs en CO₂ au cours d'une journée type d'occupation d'une salle de classe. A partir de ces données, il est possible d'expliquer les différentes phases d'occupation de la salle (Vienne – Campagne 1).

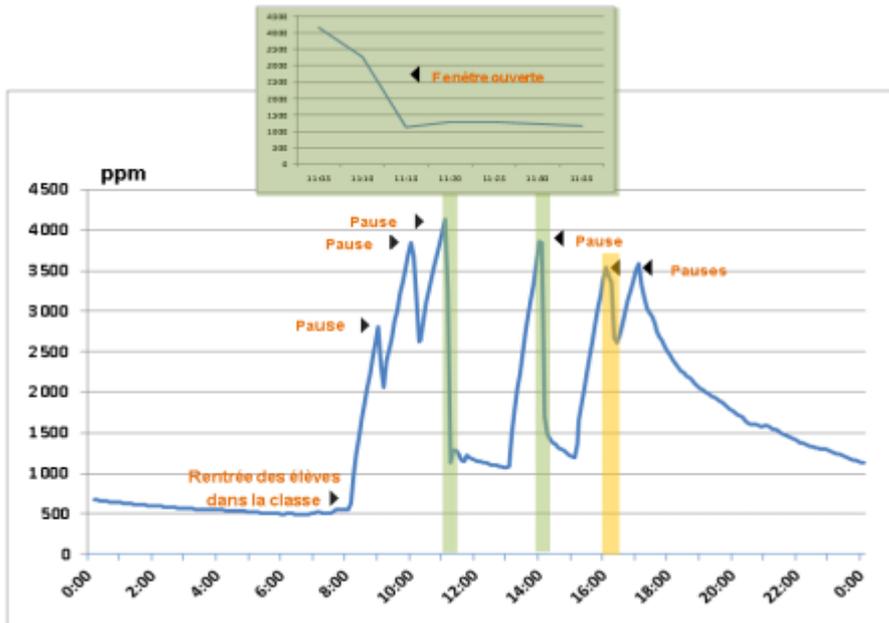


Figure 14 : Occupation d'une salle de classe.

- 8h : rentrée des élèves dans la classe.
- 9h : pause de quelques minutes.
- 10h : récréation jusqu'à 10h15.
- 10 h 15 : reprise des cours.
- 11h à 13 h : la salle n'est pas occupée. A noter, compte tenu de la décroissance rapide des niveaux de CO₂, que la fenêtre de la classe a été ouverte à la fin des cours de 11h. Celle-ci a été refermée ensuite vers 11h15.
- 13h : reprise des cours.
- 14h – 15h : la salle n'est pas occupée mais la fenêtre reste ouverte jusqu'à 14h10.
- 15h – 18h : la salle est occupée avec une pause de ¼ d'heure à 16h.
- 18h : fin des cours. Les fenêtres de la classe restent fermées.

3. Le renouvellement d'air :

Pour les établissements équipés d'une ventilation mécanique, le Règlement Sanitaire Départemental (RSD) prévoit un taux de renouvellement d'air minimum dans les salles de classe égal à 15 m³ / h / élève. En supposant que les classes comptent 30 élèves au moins, le volume d'air minimum à extraire sera de 450 m³ / h, ce qui correspond à environ 3 fois le volume de la salle de classe (50 m² * 3 m en hauteur). Le volume d'air renouvelé, exprimé en volume/heure, devrait donc être égal ou supérieur à 3.

Pour réaliser la mesure du taux de renouvellement d'air dans une salle, il existe plusieurs méthodes⁶. Dans les estimations suivantes, nous avons choisi d'exploiter la méthode utilisant les périodes de décroissance des teneurs en CO₂ en l'absence de production de CO₂, après l'occupation d'une pièce et fermeture des ouvrants. Ce taux est donné par l'équation suivante :

$$Ci(t) - Ce = [Ci(0) - Ce] * \exp(-Nt)$$

Ci(t) = concentration en CO₂ dans la pièce à l'instant t.

Ce = concentration en CO₂ à l'extérieur à l'instant initial (généralement voisin de 350 ppm)

N = taux de renouvellement d'air (vol/h)

⁶ Méthodologie d'analyse des données pour l'évaluation du renouvellement d'air et des risques de condensation – CSTB - 2003

Pour effectuer les calculs, nous avons développé un module spécifique que nous avons intégré au logiciel MATLAB⁷. Lors des périodes les plus chaudes (printemps, été), les fenêtres étaient souvent ouvertes, ce qui ne nous a pas permis d'effectuer les estimations.

Décroissance rapide des taux de CO₂ en fin de journée :

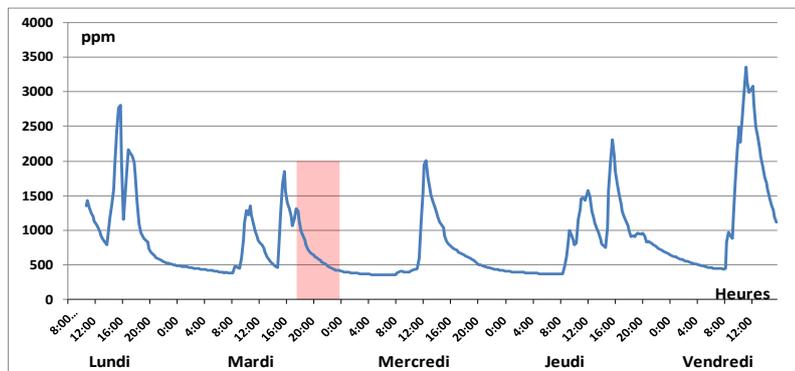


Figure 15 : Collège des Eaux Claires - Suivi des taux de CO₂.

Dans cet établissement, on remarque que les niveaux de CO₂ diminuent assez rapidement en fin de journée (après 17 heures). Cette décroissance se poursuit toute la nuit pour atteindre les mêmes niveaux que ceux mesurés dans l'environnement extérieur (environ 350 ppm). Malgré la présence d'une VMC double flux, les diminutions de concentrations en cours de journée (lors des interclasses essentiellement) ne permettent que très rarement d'abaisser les niveaux à des valeurs inférieures à 1000 ppm.

Le taux de renouvellement d'air calculé sur la période 17h30 – 23h30 du mardi (période en rouge sur le graphe) est de 1,3 volume / heure. Cette estimation est confirmée par les calculs que nous avons effectués sur d'autres périodes.

Décroissance lente des taux de CO₂ en fin de journée :

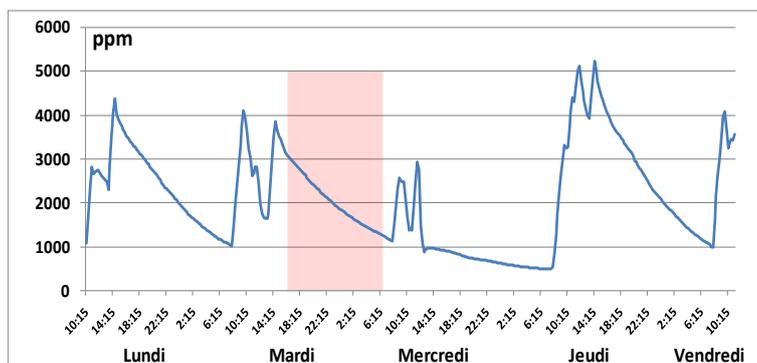


Figure 16 : Collège des Buclous - Suivi des taux de CO₂.

Quel que soit le cas, la VMC seule ne suffit pas pour conserver des concentrations en CO₂ inférieures à 1000 ppm tout au long de la journée

Dans cet exemple, on peut noter que la décroissance de fin de journée est lente et que les niveaux extérieurs (environ 350 ppm) ne sont pas encore atteints en début de journée. Les valeurs maximales atteignent 5000 ppm et sont donc très élevées. Une partie de ces niveaux est liée aux concentrations de début de journée qui sont déjà élevées (souvent > 1000 ppm). Le manque de renouvellement d'air est flagrant.

Le taux de renouvellement d'air calculé sur la période 16h30 – 6h00 des journées du mardi et mercredi (période en rouge sur le graphe) est voisin de 0,2 volume / heure. Cette estimation est confirmée par les calculs que nous avons effectués sur d'autres périodes.

⁷ Air_int – Module de calcul du taux de renouvellement d'air et des dépassements de valeurs de références – C. Rieux – Atmo-Rhône-Alpes – 2009

Situations extrêmes :

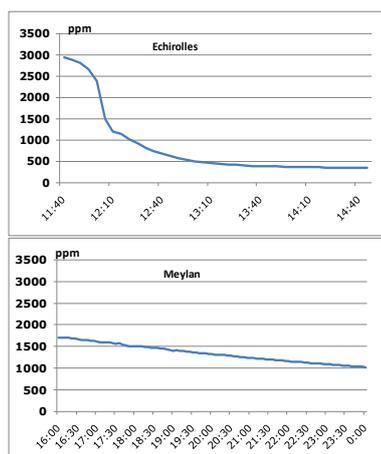


Figure 17 : Décroissance du CO₂ et du taux de renouvellement d'air.

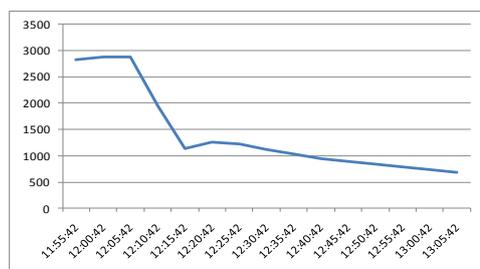
Les courbes ci-contre présentent la décroissance des niveaux de CO₂ pour deux valeurs extrêmes de taux de renouvellement d'air :

Echirolles (4/03/09): TRA = 2,49 vol / h

Meylan (27/11/08) : TRA = 0,08 vol / h

S'agissant de deux établissements ne disposant pas d'un système de renouvellement d'air mécanique, on peut supposer que le TRA observé à Echirolles est lié à l'ouverture d'une fenêtre.

4. L'effet de l'ouverture des fenêtres :



Dans cet établissement, non équipé d'une VMC, on peut remarquer la décroissance très rapide des niveaux de CO₂ en fin de matinée avec des niveaux qui passent de 2800 ppm à 1000 ppm en quelques minutes. Cette décroissance est suivie d'une légère hausse, certainement liée à la présence d'une personne dans la salle de classe

ou un échange avec le reste du bâtiment (ouverture de porte par exemple). La décroissance qui suit est alors moins rapide. Il est probable que la fenêtre a été ouverte en fin de cours et refermée ensuite. Le TRA sur cette période ne peut être qu'estimé (peu de valeurs). On peut noter toutefois que lors de la première phase, celui-ci avoisine la valeur de 7 tandis que dans la deuxième phase, il avoisine la valeur de 1.

L'ouverture des fenêtres, un complément indispensable à la ventilation des bâtiments ...

La baisse rapide du niveau de CO₂ a été obtenue en une dizaine de minutes, ce qui tend à montrer qu'il serait possible de diminuer l'exposition des élèves si les fenêtres étaient systématiquement ouvertes lors des interclasses.

5. Aspects par établissements :

La totalité des établissements que nous avons visités présente des teneurs en CO₂ largement supérieures à 1000 ppm. Ces résultats confirment ceux obtenus dans d'autres études et montrent bien l'importance de l'aération et de la ventilation.

La situation du collège de Chatte est particulièrement remarquable dans la mesure où cet établissement, de conception très récente et labellisé HQE, présente des teneurs en CO₂ parmi les plus élevées. Cet état est lié au fait que le système de ventilation est arrêté car trop bruyant et générant un courant d'air difficilement supportable par les enseignants. Il met bien en évidence les difficultés que l'on peut rencontrer lors de la conception d'un bâtiment.

Un défaut de ventilation a été relevé aussi au collège de Saint Chef lors de la visite initiale. Ce défaut a apparemment été résolu après notre visite. Ce constat met en évidence une faiblesse dans le suivi des installations de ventilation des établissements.

Au collège d'Echirolles, l'arrêt de la ventilation durant la présence des élèves est certainement à l'origine des niveaux importants de CO₂ relevés. On peut noter que lorsque la ventilation est remise en fonctionnement, ces niveaux décroissent assez rapidement. L'utilisation permanente de la ventilation devrait d'améliorer nettement la situation.

-  Risque potentiel mais non observé
-  Pas de risque identifié
-  Respect des recommandation mais d'autres polluants peuvent être présents
-  Gêne pouvant être ressentie sous certaines conditions
-  Qualité de l'air pouvant présenter une gêne ou un risque pour la santé
-  Qualité de l'air entraînant une gêne ou un risque réel.

Chatte	Echirolles	Saint Chef	Villefontaine
Ventilation arrêtée 	Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 50% du temps 	Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 50% du temps 	Des niveaux de CO ₂ qui restent acceptables. 
Pont de Claix	Meylan	Vienne	Grenoble
Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 50% du temps 	Des niveaux passant rarement en dessous de 1000 ppm. 	Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 50% du temps 	Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 50% du temps 

L'ouverture des fenêtres reste un complément efficace et rapide (10 mn) pour renouveler l'air des salles de classe, essentiellement après la pratique d'activités générant des émissions de polluants (arts plastiques, SVT, technologie ...).

2. Les polluants

1. Le dioxyde d'azote :

Pour chaque établissement, les niveaux de dioxyde d'azote mesurés à l'intérieur sont toujours inférieurs à ceux mesurés à l'extérieur.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

NO ₂		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	18,2	20,2	22,5	19,2
	Salle 25	23,2	17,4	22,4	
	CDI	17,7	12,1	14,5	
	Techno-2	23,7	16,2	22,4	
	Extérieur	41,9	24,3	25,7	
Grenoble	Salle 124	18,8	18,6	19,7	15,0
	Salle 215	8,8	13,8	15,0	
	CDI	15,2	17,2	19,2	
	Techno-201	10,8	8,7	13,9	
	Extérieur	60,5	37,3	27,4	
Echirolles	Salle 111	32,9	28,8	36,2	31,3
	Salle 117	28,7	28,7	33,1	
	CDI	28,3	27,2	28,1	
	Techno-1	37,0	32,1	35,0	
	Extérieur	45,2	34,8	37,2	
Meylan	Salle H10	10,1	10,4	20,6	14,0
	Salle H4	22,6	13,1	19,2	
	CDI	6,5	7,8	14,5	
	Techno-I2	7,3	21,3	14,6	
	Extérieur	49,0	35,8	21,7	
Saint Chef	Salle C12	6,9	8,1	8,1	7,4
	Salle B5	6,3	6,9	6,9	
	CDI	6,3	7,3	7,3	
	Techno-D2	9,0	7,8	7,8	
	Extérieur	16,3	14,0	13,8	
Villefontaine	Salle 202	12,6	13,0	6,0	9,9
	Salle 302	11,9	12,2	7,5	
	CDI	10,3	13,8	8,7	
	Techno	5,4	10,3	7,1	
	Extérieur	25,6	19,9	9,2	
Vienne	Salle 8	18,7	18,6	18,4	15,0
	Salle 108	11,8	11,4	11,3	
	CDI	11,9	12,6	12,5	
	Techno 01	16,4	18,1	18,0	
	Extérieur	40,4	36,4	35,5	
Chatte	Salle E107	8,6	7,5	4,8	7,5
	Salle E002	15,2	7,2	7,1	
	CDI	7,5	6,4	7,1	
	Techno-S002	8,2	4,8	5,2	
	Extérieur	24,6	12,2	6,0	

Les établissements situés en agglomération (Pont de Claix, Meylan, Grenoble, Echirolles et Vienne) présentent des niveaux supérieurs aux autres établissements, ce qui montre bien l'influence des niveaux extérieurs sur ceux mesurés à l'intérieur. Toutefois, cette influence n'est pas identique pour l'ensemble des établissements :

- Le collège d'Echirolles, situé à proximité immédiate de la rocade sud, présente les niveaux les plus élevés. Les niveaux relevés sont proches de la valeur limite annuelle dans l'environnement extérieur ($40 \mu\text{g.m}^{-3}$).

- Pour des niveaux extérieurs similaires aux autres établissements situés en zone urbaine, le collège de Grenoble présente des concentrations intérieures en NO₂ inférieures. Le système de VMC double flux dont la prise d'air neuf est plus éloignée de la voirie peut expliquer ce phénomène.

- Concernant les collèges de Meylan et de Vienne, l'impact de la proximité de la voirie n'est pas confirmé par les mesures. Une position légèrement plus éloignée de la voirie peut expliquer cette différence par rapport au collège d'Echirolles.

Dioxyde d'azote:

La proximité de la source (voirie) influence fortement les concentrations intérieures.

Le choix du lieu d'implantation des bouches d'entrées d'air est un facteur déterminant de l'introduction des polluants issus de l'extérieur.

	Rapport C _{int} / C _{ext}			
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	0,49	0,68	0,80	0,63
Grenoble	0,22	0,39	0,62	0,36
Echirolles	0,70	0,84	0,89	0,80
Meylan	0,24	0,37	0,79	0,39
Saint Chef	0,44	0,54	0,55	0,50
Villefontaine	0,39	0,62	0,80	0,54
Vienne	0,36	0,42	0,42	0,40
Chatte	0,40	0,53	1,01	0,52

Tableau 9 : NO₂ - Rapport t C_{int} / C_{ext}

Ces résultats correspondent bien à ceux trouvés dans d'autres études qui mettent en évidence l'influence des concentrations relevées à l'extérieur sur les niveaux trouvés à l'intérieur^{h,i,j}. Les rapports concentration intérieure / concentration extérieure (taux de pénétration) sont toujours inférieurs à 1, ce qui montre bien l'influence des niveaux extérieurs.

Dioxyde d'azote ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

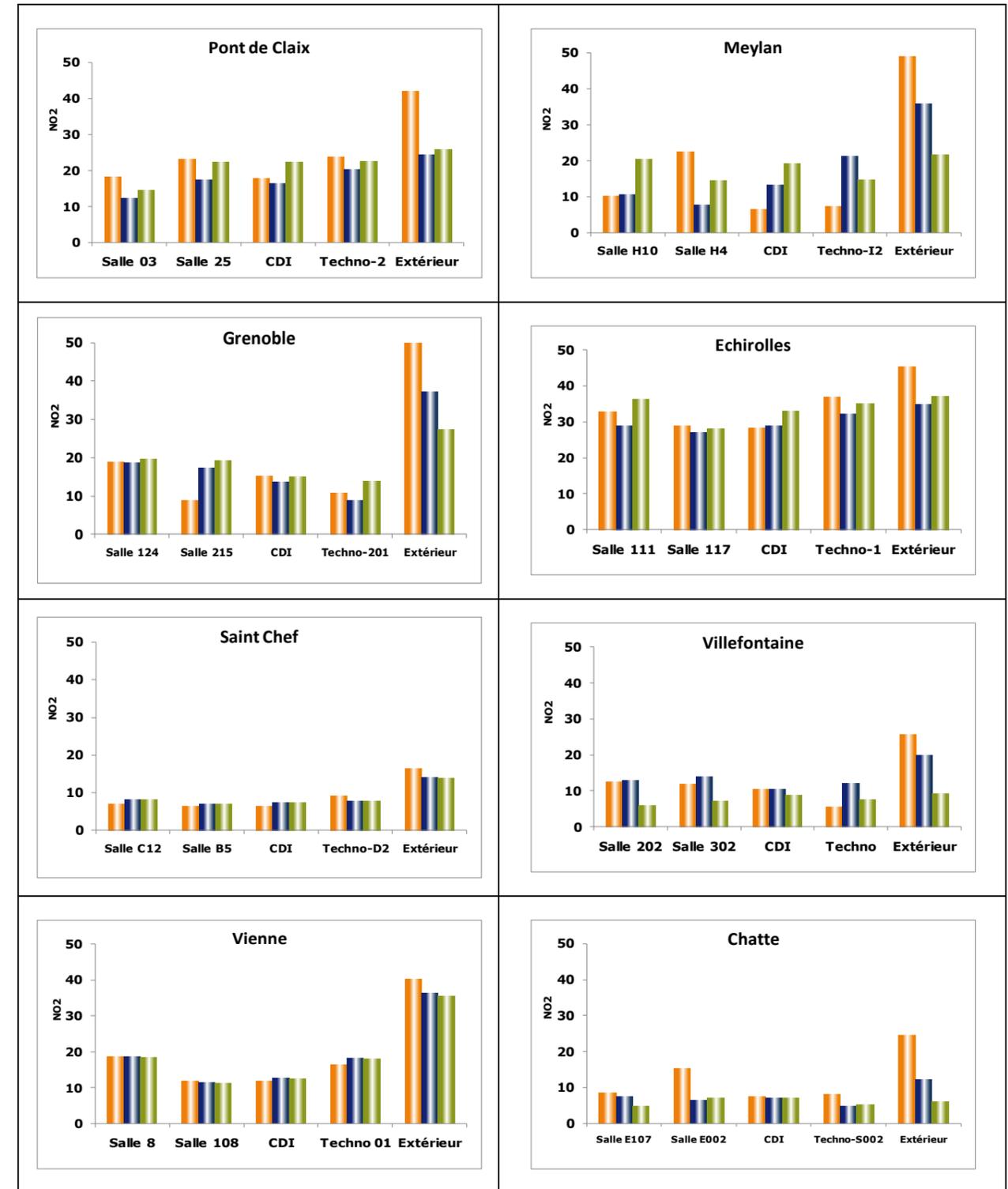


Figure 18 : Dioxyde d'azote - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

Exposition à la pollution liée au transport pour les collèges de l'agglomération grenobloise :

Le modèle SIRANE⁹ permet de calculer heure par heure la concentration en polluant (NO₂) au niveau du sol dans chaque rue en tenant compte de la configuration de celle-ci et d'établir une cartographie de la pollution à l'échelle d'un quartier.

Ce modèle est utilisé dans l'agglomération grenobloise, ce qui nous permet de situer les collèges de cette agglomération et ainsi d'estimer leur exposition au NO₂.

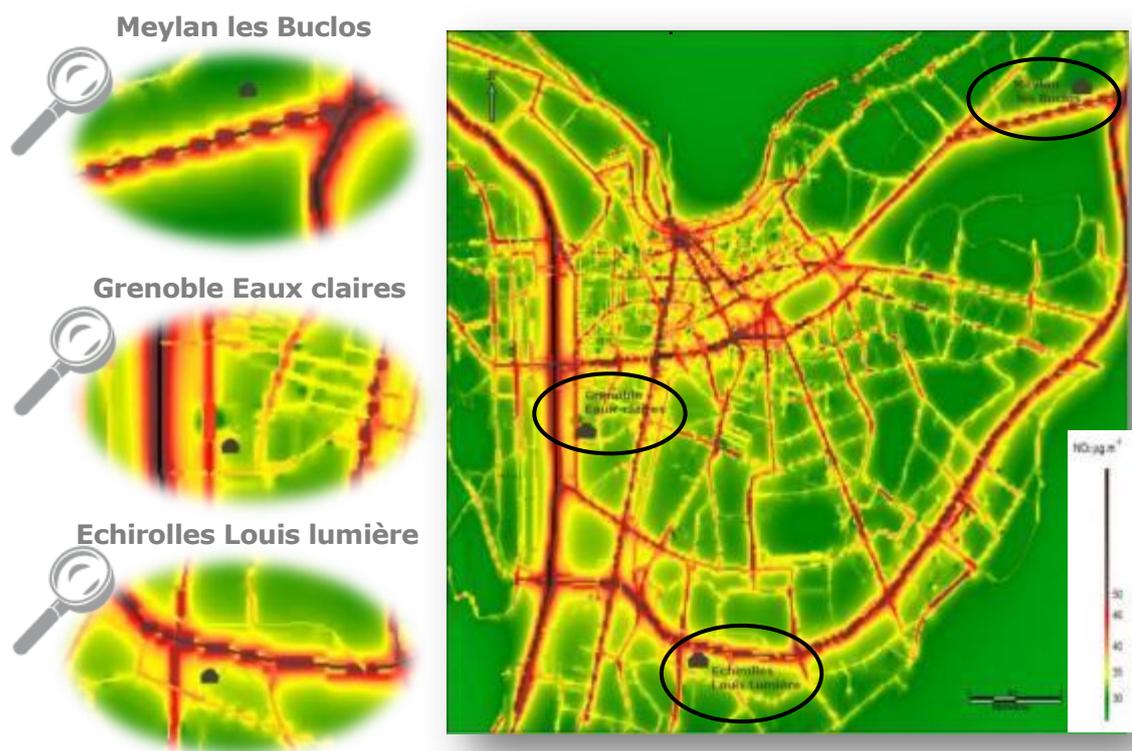


Figure 19 : Implantation des collèges de l'agglomération grenobloise par rapport à la voirie.

L'implantation d'un établissement recevant des personnes sensibles à proximité d'une source de pollution (voirie en particulier) peut entraîner une exposition à la pollution importante.

L'implantation des collèges confirme bien les résultats des analyses effectuées dans les trois établissements de l'agglomération grenobloise.

Le collège des Buclos à Meylan se situe en dehors de la zone d'influence de l'autoroute A41 et n'est donc pas fortement influencé par les émissions de NO₂ liées au trafic automobile de cette voirie.

Le collège des Eaux Claires à Grenoble se situe bien dans une zone pouvant être impactée par les émissions liées au trafic de la A480 et de la rue Ampère. La présence d'une VMC double flux dont la prise d'air neuf se situe en hauteur par rapport à la rue protège le bâtiment de cette source de pollution.

Le collège Louis Lumière se situe aussi dans une zone impactée par les émissions liées au trafic de la rocade sud. La VMC simple flux, dont les entrées d'air sont situées au niveau de la voirie et tout autour du bâtiment favorise la pénétration de ce polluant dans l'enceinte du bâtiment.

⁹ SIRANE : Modèle développé par l'Ecole Centrale de Lyon. Il fonctionne sur les agglomérations de Lyon, Grenoble et Valence.

2. Le benzène :

Les niveaux mesurés à l'intérieur sont toujours supérieurs à ceux mesurés à l'extérieur. Les niveaux de concentrations varient peu entre les établissements situés en zone urbaine ou en zone rurale.

Au sein d'un même établissement, on observe peu de variation entre les salles d'un même établissement et on ne note pas de différence marquée entre les salles de cours et le CDI ou la salle de technologie. Par contre, cette variation est plus marquée en fonction des saisons.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

Benzène		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	2,4	1,3	1,3	1,7
	Salle 25	2,3	2,2	1,2	
	CDI	2,3	1,4	1,1	
	Techno-2	2,2	1,7	1,1	
	Extérieur	1,8	0,9	1,2	
Grenoble	Salle 124	3,3	1,7	1,2	2,4
	Salle 215	3,8	2,4	2,5	
	CDI	2,8	1,6	-	
	Techno-201	2,6	2,6	1,7	
	Extérieur	1,8	1,1	1,0	
Echirolles	Salle 111	2,3	1,5	1,3	1,6
	Salle 117	2,5	1,3	1,1	
	CDI	-	1,5	1,0	
	Techno-1	2,1	1,6	0,9	
	Extérieur	1,9	-	0,7	
Meylan	Salle H10	2,3	1,4	1,1	1,7
	Salle H4	2,3	1,4	1,2	
	CDI	2,3	1,4	1,2	
	Techno-I2	2,6	1,2	1,4	
	Extérieur	-	1,0	0,7	
Saint Chef	Salle C12	2,7	1,8	1,2	1,8
	Salle B5	3,4	1,8	2,7	
	CDI	1,8	1,5	0,9	
	Techno-D2	1,9	1,8	0,5	
	Extérieur	0,8	1,3	0,4	
Villefontaine	Salle 202	1,8	1,7	1,3	1,5
	Salle 302	2,0	1,6	0,9	
	CDI	1,7	1,5	1,1	
	Techno	1,7	1,5	0,8	
	Extérieur	1,3	1,2	0,7	
Vienne	Salle 8	2,6	1,5	1,1	1,6
	Salle 108	2,1	1,3	1,1	
	CDI	2,0	1,2	1,1	
	Techno 01	2,4	1,4	1,5	
	Extérieur	1,6	-	-	
Chatte	Salle E107	2,6	1,4	0,9	1,6
	Salle E002	2,2	1,3	0,9	
	CDI	2,2	1,6	0,9	
	Techno-S002	2,0	1,5	2,2	
	Extérieur	1,1	1,1	0,5	

Tableau 10 : Benzène - récapitulatif des résultats.

L'ensemble des établissements présente des rapports concentration intérieure / concentration extérieure (taux de pénétration) supérieurs à 1. Des sources internes sont donc cumulées à celles provenant de l'extérieur.

Ces résultats correspondent bien à ceux trouvés dans d'autres études qui mettent en évidence l'influence concomitante des concentrations relevées à l'extérieur cumulées aux sources intérieures^{h,i,j}.

L'émission de substances polluantes, dont le benzène¹⁰, par les matériaux peut se prolonger sur des périodes assez longues. La mesure des Composés Organiques Volatils (§ 7) confirme d'ailleurs bien ce point pour le collège de Grenoble.

Les résultats obtenus sont inférieurs aux valeurs guides préconisées par l'AFSSET (10 µg.m⁻³ pour une exposition > 1 an) et devraient donc respecter les valeurs de gestion qui seront définies prochainement.

Benzène :

Une contribution de l'extérieur mais les matériaux (neufs en particulier) peuvent en émettre pendant d'assez longues périodes.

Les valeurs guides de l'AFSSET ne sont pas atteintes.

	Rapport C _{int} / C _{ext}			
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	1,24	1,78	0,95	1,27
Grenoble	1,74	1,94	1,83	1,86
Echirolles	1,22		1,42	1,77
Meylan		1,30	1,81	1,91
Saint Chef	3,01	1,38	3,25	2,22
Villefontaine	1,40	1,27	1,54	1,38
Vienne	1,43			1,01
Chatte	2,04	1,29	2,29	1,78

Tableau 11 : Benzène - Rapport C_{int} / C_{ext}

Benzène (µg.m⁻³)

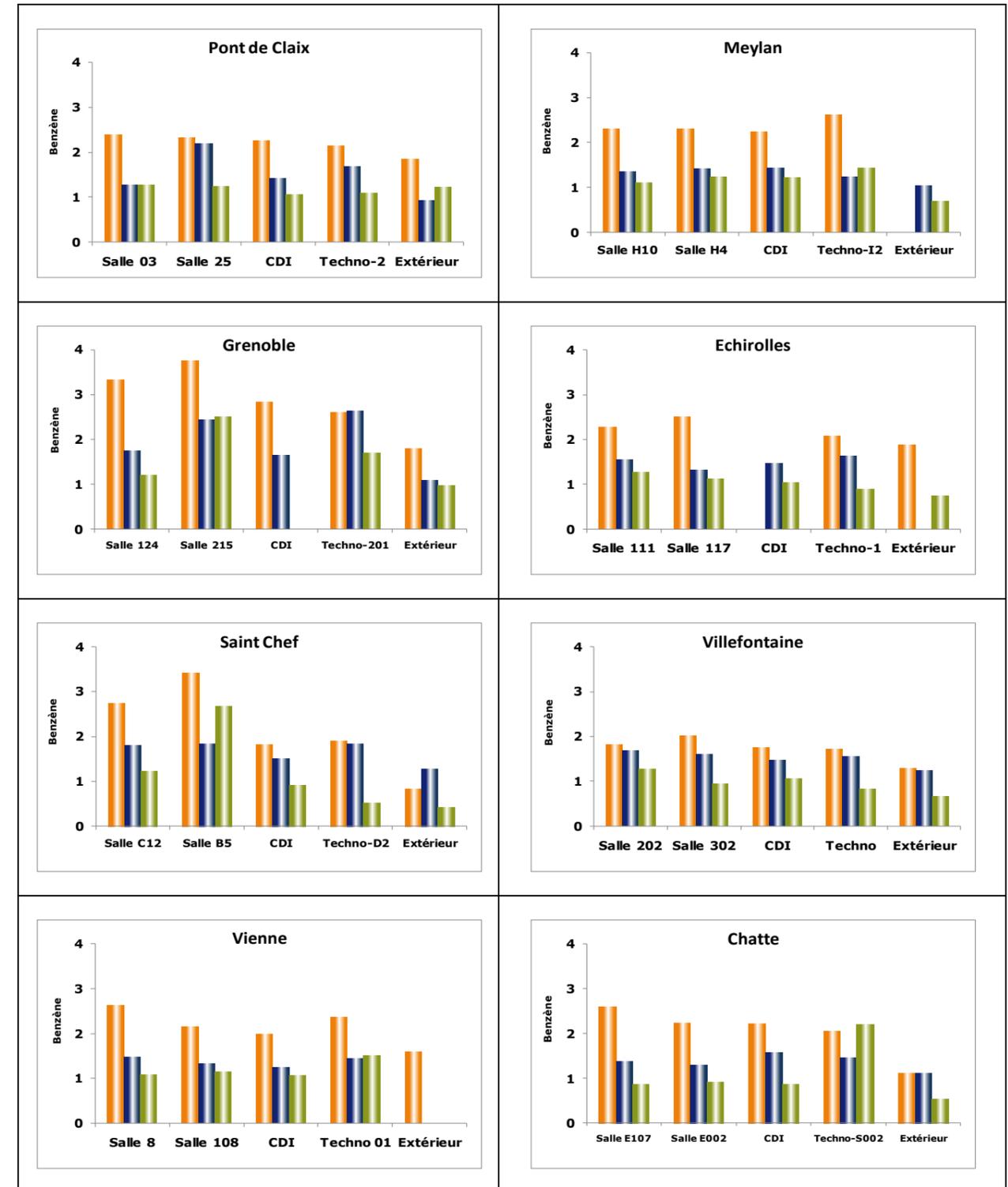


Figure 20 : Benzène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

¹⁰ Le benzène ne devrait plus être présent dans les produits d'entretien, de bricolage et de construction destinés au public même si des traces peuvent encore être trouvées dans ces produits, il s'agit normalement d'impuretés. Sa présence reste autorisée pour les produits réservés aux professionnels, ce qui pourrait expliquer les niveaux mesurés dans les collèges.

3. Le toluène :

Les concentrations intérieures sont supérieures aux niveaux mesurés à l'extérieur. Les niveaux mesurés en zone urbaine sont eux aussi en général supérieurs à ceux mesurés en zone rurale.

Toluène		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	20,2	16,5	13,5	16,5
	Salle 25	15,8	52,9	7,1	
	CDI	13,1	6,2	11,1	
	Techno-2	13,5	20,9	6,7	
	Extérieur	12,7	3,7	4,5	
Grenoble	Salle 124	16,9	15,6	4,9	16,3
	Salle 215	24,8	30,3	14,9	
	CDI	12,5	5,7	-	
	Techno-201	19,2	19,6	14,8	
	Extérieur	7,9	3,3	2,6	
Echirolles	Salle 111	6,4	6,0	6,6	5,2
	Salle 117	5,8	6,8	7,3	
	CDI	-	3,6	3,8	
	Techno-1	4,7	2,8	3,1	
	Extérieur	5,2	-	3,4	
Meylan	Salle H10	13,3	27,1	5,5	11,5
	Salle H4	13,4	19,9	6,0	
	CDI	10,3	7,5	4,1	
	Techno-I2	16,9	4,7	9,0	
	Extérieur	-	2,5	1,7	
Saint Chef	Salle C12	12,1	8,3	4,3	8,1
	Salle B5	20,5	3,6	13,7	
	CDI	11,6	3,2	1,9	
	Techno-D2	11,1	5,4	1,8	
	Extérieur	2,8	1,5	0,7	
Villefontaine	Salle 202	5,4	8,3	6,4	5,7
	Salle 302	6,8	2,4	4,4	
	CDI	6,3	4,3	6,7	
	Techno	8,5	4,3	4,1	
	Extérieur	1,9	1,6	1,5	
Vienne	Salle 8	6,5	12,2	5,6	5,0
	Salle 108	3,9	3,4	4,0	
	CDI	3,2	6,2	3,0	
	Techno 01	3,8	4,3	3,6	
	Extérieur	2,1	-	-	
Chatte	Salle E 107	8,7	21,6	8,2	8,9
	Salle E002	4,4	10,5	6,1	
	CDI	8,8	12,1	8,1	
	Techno-S002	4,8	9,7	4,3	
	Extérieur	1,6	1,6	0,8	

Tableau 12 : Toluène - récapitulatif des résultats.

Quelques pointes peuvent être observées (Pont de Claix lors de la 2^{ème} campagne - salle 25 par exemple). Ces pointes peuvent être expliquées par l'utilisation d'un produit d'entretien ou utilisé pour des travaux et contenant du toluène lors de la période de mesures. Cette différence n'est pas observée pour le benzène dans la mesure où les produits d'entretien ne doivent pas contenir de benzène.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

A l'exception de la pointe mesurée lors de la deuxième campagne à Pont de Claix, le collège de Grenoble présente des niveaux légèrement plus élevés que ceux mesurés dans les autres établissements. L'émission des matériaux neufs de ce collège peut en être la cause.

Toluène :
Des concentrations fortement dépendantes des sources intérieures.

Bien que la différence soit peu marquée, les concentrations mesurées dans les salles de classe et de technologie semblent légèrement plus élevées que celles mesurées dans les CDI.

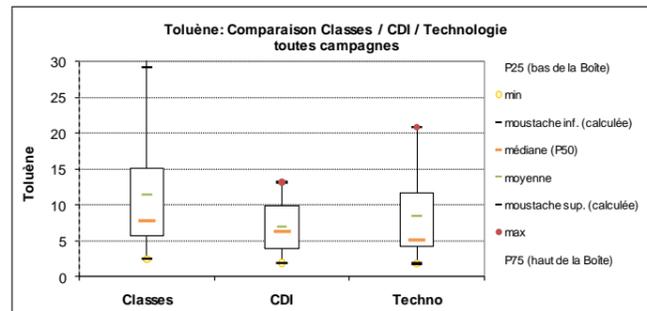


Figure 21 : Toluène - Comparaison des niveaux en fonction du type de salle.

Les rapports concentration intérieure / concentration extérieure (taux de pénétration) sont très largement supérieurs à 1, ce qui montre bien l'origine intérieure des sources de toluène.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	1,23	6,53	2,11	3,29
Grenoble	2,33	5,34	4,52	4,06
Echirolles	1,09		1,55	
Meylan		5,84	3,71	
Saint Chef	4,93	3,38	7,93	5,41
Villefontaine	3,65	3,06	3,63	3,45
Vienne	2,11			
Chatte	4,22	8,67	8,06	6,98

Tableau 13 : Toluène - Rapport C_{int} / C_{ext}

Toluène (µg.m⁻³)

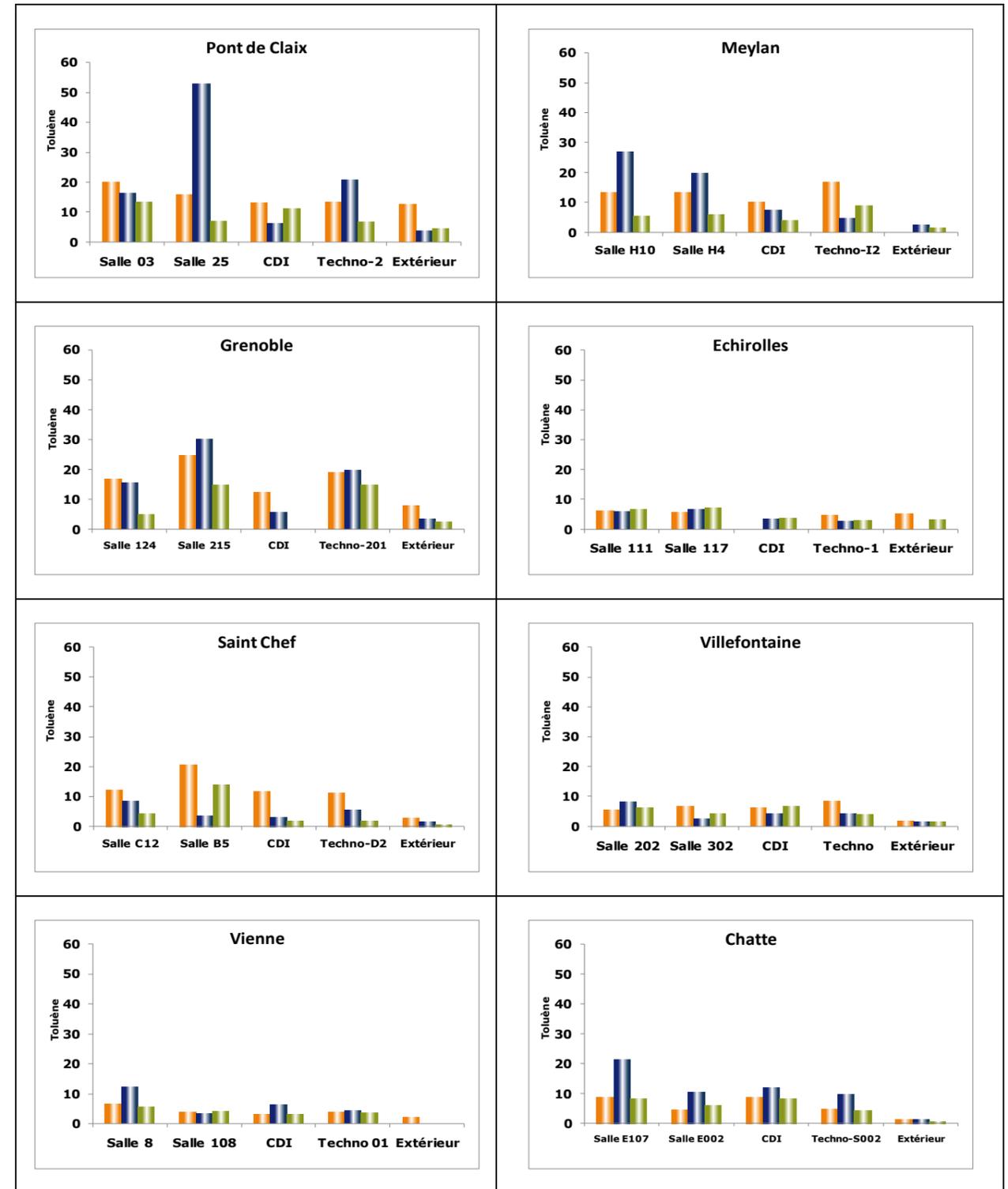


Figure 22 : Toluène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

4. Les xylènes¹¹ :

Les niveaux de xylènes suivent la même évolution que ceux de toluène pour l'ensemble des établissements.

On observe la même augmentation des concentrations dans la salle 25 du collège de Pont de Claix lors de la 2^{ème} campagne.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

Toluène		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	14,1	12,2	5,1	14,2
	Salle 25	17,6	49,4	5,3	
	CDI	12,9	6,6	5,5	
	Techno-2	15,1	19,7	6,5	
	Extérieur	11,3	3,5	3,2	
Grenoble	Salle 124	19,2	7,8	5,2	13,4
	Salle 215	20,0	16,5	12,1	
	CDI	14,1	6,4	-	
	Techno-201	19,5	14,6	11,6	
	Extérieur	5,8	2,5	1,9	
Echirolles	Salle 111	5,2	5,0	4,3	4,4
	Salle 117	5,1	5,0	3,8	
	CDI	-	4,6	3,7	
	Techno-1	4,1	4,2	3,4	
	Extérieur	4,3	3,0	3,0	
Meylan	Salle H10	17,8	8,3	4,9	11,9
	Salle H4	27,4	10,7	12,6	
	CDI	12,3	4,2	5,1	
	Techno-I2	27,5	4,4	7,1	
	Extérieur	-	2,6	2,3	
Saint Chef	Salle C12	5,6	3,0	2,3	3,7
	Salle B5	6,6	4,5	7,6	
	CDI	3,1	2,3	1,3	
	Techno-D2	3,4	3,0	1,2	
	Extérieur	1,0	1,3	-	
Villefontaine	Salle 202	4,2	8,6	5,2	6,4
	Salle 302	7,5	11,8	6,4	
	CDI	7,6	6,6	4,6	
	Techno	4,8	5,3	4,1	
	Extérieur	1,9	2,2	1,9	
Vienne	Salle 8	4,1	5,9	2,5	3,9
	Salle 108	5,8	4,2	2,4	
	CDI	3,1	3,6	1,0	
	Techno 01	5,8	4,2	4,0	
	Extérieur	0,6	-	-	
Chatte	Salle E107	6,8	5,7	3,8	5,0
	Salle E002	5,2	4,4	3,7	
	CDI	6,1	4,9	5,5	
	Techno-S002	4,7	4,7	4,4	
	Extérieur	2,1	2,7	1,8	

Les niveaux mesurés dans les différentes salles d'un même établissement sont assez homogènes entre eux.

Les niveaux de xylènes sont peu élevés, y compris à Chatte où la structure bois du collège pouvait laisser craindre des teneurs importantes compte tenu de la présence fréquente de xylène dans les produits de traitement du bois.

Xylènes : l'utilisation de produits de bricolage et d'entretien peut influencer fortement les concentrations à l'intérieur.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	1,32	6,34	1,74	3,13
Grenoble	3,14	4,46	5,00	4,20
Echirolles	1,12		1,27	
Meylan		2,62	3,23	
Saint Chef	4,64	2,40		
Villefontaine	3,21	3,67	2,66	3,18
Vienne	7,57			
Chatte	2,66	1,80	2,38	2,28

Tableau 14 : Xylènes - récapitulatif des résultats.

Tableau 15 : Xylènes - Rapport C_{int} / C_{ext}

Les taux de pénétration sont moins élevés que ceux relatifs au toluène. Une influence plus marquée de l'extérieur peut expliquer cet écart bien qu'il soit difficile de l'assurer compte tenu des niveaux relativement faibles mesurés à l'extérieur.

Xylènes (µg.m⁻³)

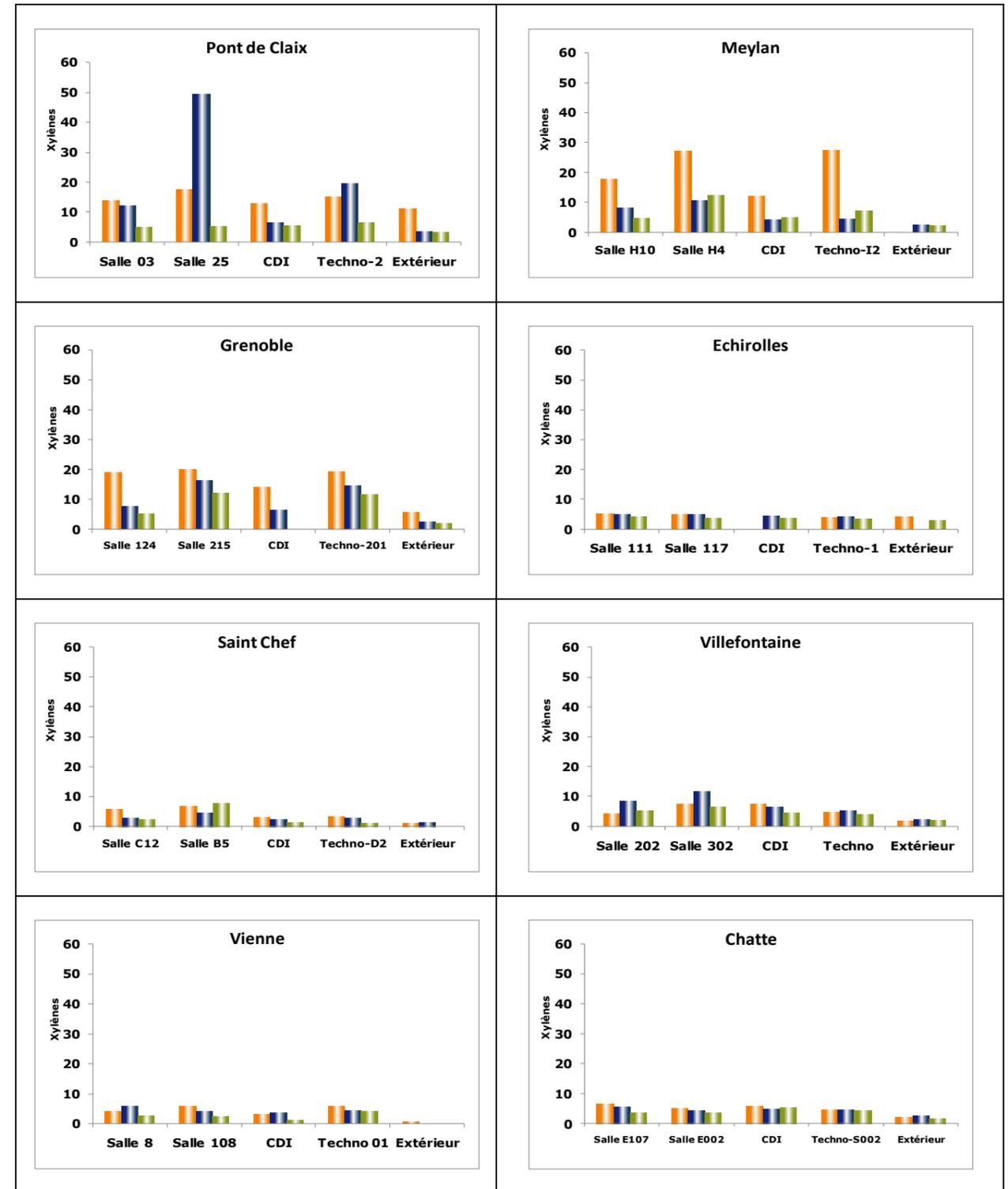


Figure 23 : Xylènes (Ortho, Méta, Para) - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

¹¹ Ortho, méta et para xylènes.

5. Le formaldéhyde :

Pour chaque établissement, les niveaux de formaldéhyde mesurés à l'intérieur sont toujours largement supérieurs à ceux mesurés à l'extérieur, ce qui montre bien l'origine intérieure des sources.

Au sein d'un même établissement, les niveaux suivent une même évolution au cours des saisons avec une augmentation significative des concentrations lors de la 3^{ème} campagne.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

Formaldéhyde		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	30,5	22,7	32,9	27,9
	Salle 25	37,0	15,3	39,1	
	CDI	28,4	23,7	49,7	
	Techno-2	13,9	17,8	23,9	
	Extérieur	2,9	2,2	3,3	
Grenoble	Salle 124	22,8	19,0	32,0	26,1
	Salle 215	21,9	20,5	47,1	
	CDI	18,8	13,5	22,3	
	Techno-201	16,1	25,4	53,7	
	Extérieur	2,7	1,7	4,0	
Echirolles	Salle 111	4,7	4,2	8,4	5,6
	Salle 117	3,6	4,4	7,4	
	CDI	4,6	5,7	9,3	
	Techno-1	3,7	4,6	7,0	
	Extérieur	3,1	3,4	3,4	
Meylan	Salle H10	29,2	28,3	32,7	33,6
	Salle H4	21,0	21,9	44,3	
	CDI	41,2	33,9	53,7	
	Techno-I2	24,6	26,4	45,6	
	Extérieur	2,7	2,1	3,2	
Saint Chef	Salle C12	15,6	8,4	11,5	11,5
	Salle B5	17,9	9,7	17,1	
	CDI	8,2	7,3	12,8	
	Techno-D2	10,6	7,6	11,2	
	Extérieur	2,3	1,2	1,4	
Villefontaine	Salle 202	13,9	8,8	13,8	14,7
	Salle 302	15,8	8,3	15,5	
	CDI	16,3	9,2	19,9	
	Techno	28,8	8,1	17,5	
	Extérieur	3,0	2,1	1,8	
Vienne	Salle 8	15,4	15,2	23,7	25,4
	Salle 108	21,5	21,2	29,3	
	CDI	19,5	23,5	39,0	
	Techno 01	23,4	25,9	47,1	
	Extérieur	2,5	-	-	
Chatte	Salle E107	15,4	16,3	21,7	17,8
	Salle E002	7,0	6,8	12,5	
	CDI	21,3	20,0	36,5	
	Techno-S002	15,6	15,1	25,9	
	Extérieur	3,0	2,4	2,4	

Tableau 16 : Formaldéhyde - récapitulatif des résultats.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	9,60	8,96	11,00	9,85
Grenoble	7,24	11,21	9,67	9,37
Echirolles	1,36		2,36	
Meylan	10,57	13,40	13,74	12,57
Saint Chef	5,71	6,65	9,39	7,25
Villefontaine	6,18	4,13	9,43	6,58
Vienne	8,13			
Chatte	4,96	6,16	10,08	7,07

Tableau 17 : Formaldéhyde Rapport C_{int} / C_{ext}

Contrairement à ce qu'on observe pour le benzène et les xylènes, les niveaux les plus élevés sont relevés dans les CDI. L'émission de formaldéhyde par les ouvrages est bien connue. Elle est certainement à l'origine de cette observation.

Le collège de Grenoble se distingue toutefois par des concentrations plus élevées dans les salles de classe surtout durant la période chaude. L'émission des matériaux semble donc prépondérante dans cet établissement.

Alors que les sources de formaldéhyde sont principalement intérieures, il est intéressant de noter que les établissements situés en zone urbaine présentent des valeurs plus élevées que ceux situés en zone rurale. Le collège d'Echirolles se distingue toutefois avec des niveaux moins élevés que dans les autres établissements. Cette différence n'est pas retrouvée pour les autres polluants mesurés.

La valeur d'information et recommandation (50 µg.m⁻³) proposée par le HCSP est dépassée dans les collèges des Buclos à Meylan et des Eaux Claires à Grenoble. Le collège de Pont de Claix et de Vienne frôlent cette valeur. Pour chacun de ces établissements, la valeur maximale est atteinte en été. Il est fort probable que la situation du collège des Eaux Claires ne devrait pas perdurer (émissions liées aux matériaux encore neufs) tandis que rien ne laisse présager une diminution des niveaux aux collèges des Buclos, de Vienne et de Pont de Claix pour lesquels il serait intéressant de prévoir des actions d'amélioration de la qualité de l'air.

Les rapports C_{int} / C_{ext} sont très élevés et mettent bien en évidence l'origine interne du formaldéhyde. Ils augmentent de façon significative en été, ce qui confirme l'influence de la température sur les émissions de ce composé.

Formaldéhyde : Des valeurs intérieures élevées surtout en zone urbaine.

La valeur d'information et recommandation proposée par le HCSP est dépassée dans deux établissements.

Les collèges non équipés d'une VMC présentent des valeurs supérieures à la valeur repère du HCSP.

Formaldéhyde (µg.m⁻³)

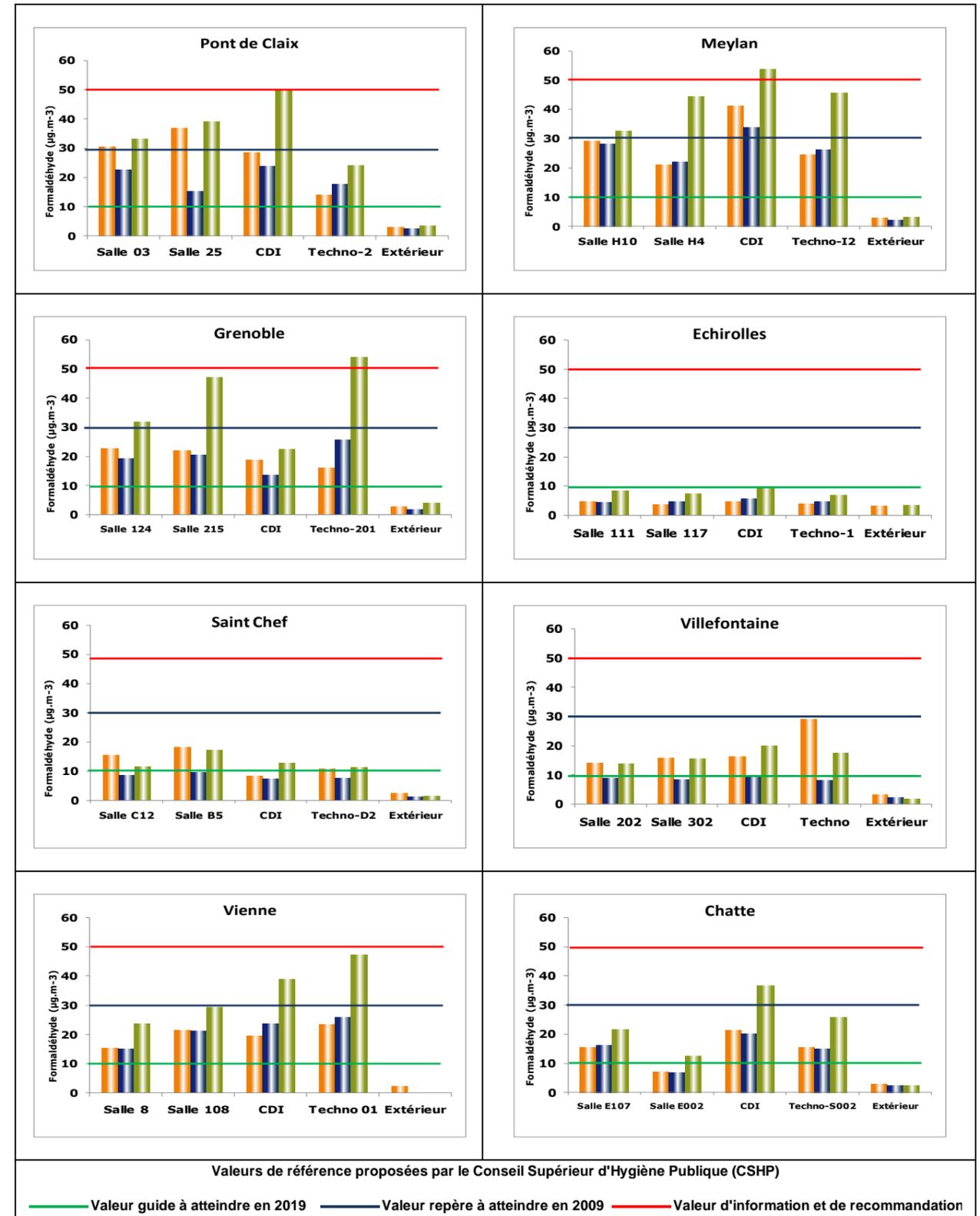
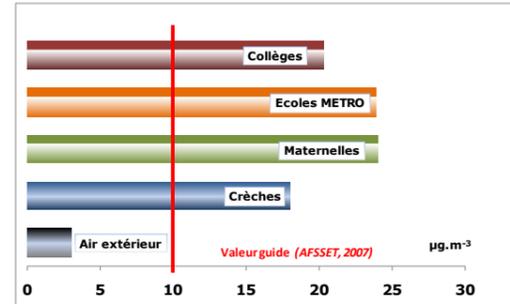


Figure 24 : Formaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

Comparaison aux autres études :

Plusieurs études concernant le suivi du formaldéhyde dans les établissements recevant des enfants (crèches, écoles maternelles et primaires) ont déjà été réalisées par les AASQA de la région Rhône-Alpes^{c,d}. Les niveaux relevés dans les collèges sont similaires aux niveaux relevés dans les écoles et crèches que nous avons investiguées dans le cadre de ces études.



25 : Formaldéhyde – résultats des études Rhône – Alpines.

Dans pratiquement l'ensemble des classes et lieux de vie étudiés, la valeur guide proposée par l'AFSSET est dépassée. Les niveaux sont très largement supérieurs aux niveaux mesurés à l'extérieur.

Les études réalisées précédemment avaient mis en évidence l'influence de la température sur les émissions de formaldéhyde avec des niveaux plus élevés lors des périodes chaudes. Dans le cadre de l'étude réalisée dans les collèges, l'examen des corrélations entre les concentrations de formaldéhyde et la température moyenne relevée sur la période de prélèvement montre bien une augmentation des niveaux de formaldéhyde avec la température mais cette corrélation reste toutefois peu marquée surtout dans les salles de classe d'enseignement général. Cette corrélation semble meilleure dans les salles de technologie sans que nous puissions en expliquer la raison (présence accrue de produits susceptibles d'émettre des aldéhydes ?).

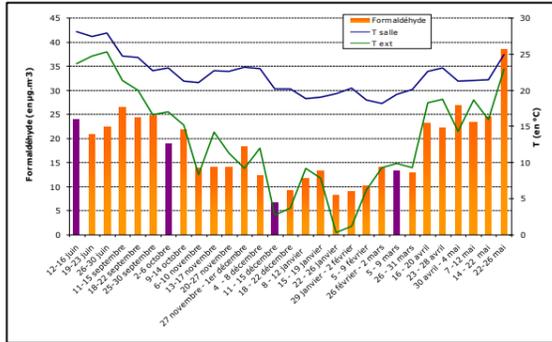


Figure 26 : Formaldéhyde : Evolution des concentrations au cours de l'année (Ecole de Claix, 2007)

L'influence du système de renouvellement d'air :

La comparaison des résultats obtenus dans les collèges équipés d'un système de renouvellement d'air actif (VMC simple flux ou double flux¹²) en fonctionnement à ceux obtenus dans les collèges n'en étant pas équipé (ou dont le système ne fonctionnait pas) met bien en évidence l'apport de ce système sur la qualité de l'air intérieur. Ce constat est aussi retrouvé dans les différentes études menées dans la région Rhône-Alpes.

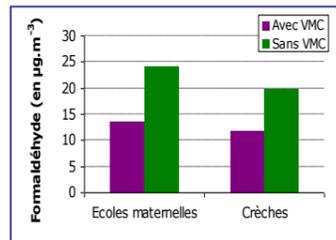


Figure 27 : Formaldéhyde : Mesures avec et sans VMC (étude Rhône Alpes, 2007)

Relations Températures et concentration en formaldéhyde (selon le type de salle).

	<p>Coefficient de corrélation = 0,38.</p> <p>Bien que l'on puisse deviner une augmentation des niveaux de formaldéhyde en fonction de la température moyenne, cette relation reste peu marquée. Si l'on effectue la corrélation de façon indépendante pour chaque salle, le coefficient de corrélation est plus important, ce qui pourrait être liée à la différence de comportement des salles au sein de chaque établissement.</p>
	<p>Coefficient de corrélation = 0,52</p> <p>La relation semble mieux marquée que celle que l'on observe dans les salles d'enseignement banalisées. Les émanations liées à la présence des ouvrages (livres et documents divers) sont peut être plus importantes en période chaude.</p>
	<p>Coefficient de corrélation = 0,56</p> <p>C'est dans les salles de technologie que l'on retrouve la meilleure corrélation entre les niveaux de formaldéhyde mesurés et la température. Cette corrélation reste toutefois relativement limitée et n'explique pas à elle seule les niveaux de formaldéhyde mesurés.</p>

Figure 28 : Formaldéhyde - Influence de la température.

Formaldéhyde : Comparaison entre les différents types de salles.

	<p>Contrairement au Toluène, c'est dans les CDI que les niveaux de Formaldéhyde sont les plus élevés. La différence reste toutefois relativement minime.</p> <p>La présence de nombreux ouvrages, bien connus comme pouvant émettre du formaldéhyde pendant de longues périodes, peut expliquer ce constat.</p>
--	---

Figure 29 : Formaldéhyde - comparaison entre les salles.

Formaldéhyde et présence d'un système de renouvellement d'air (VMC).

	<p>Les établissements équipés d'un système de renouvellement d'air actif (VMC) en fonctionnement présentent les niveaux de formaldéhyde les moins élevés. Le renouvellement d'air en continu est donc un moyen efficace d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.</p>
--	---

Figure 30 : Formaldéhyde - Influence de la VMC.

¹² Nous n'avons pas pu évaluer la différence entre ces deux modes dans la mesure où un seul collège disposait d'un modèle double flux en fonctionnement.

6. Acétaldéhyde :

Les mesures de l'acétaldéhyde suivent les mêmes variations que celles du formaldéhyde avec des niveaux plus élevés dans les CDI que dans les salles de classe et de technologie. La variation saisonnière, bien que toujours présente, est moins marquée que pour le formaldéhyde.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

Les établissements de Grenoble et de Chatte qui sont récents présentent les niveaux les plus élevés. L'émission de ce polluant par les matériaux et le mobilier semblent encore bien présente.

Acétaldéhyde		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	Salle 03	3,6	3,3	4,6	4,4
	Salle 25	3,9	2,1	4,8	
	CDI	5,2	4,6	11,4	
	Techno-2	2,2	3,3	3,6	
	Extérieur	1,7	1,4	1,9	
Grenoble	Salle 124	6,0	6,8	7,3	6,8
	Salle 215	8,1	6,8	9,2	
	CDI	5,7	5,4	5,6	
	Techno-201	4,3	7,0	9,1	
	Extérieur	1,8	2,0	2,2	
Echirolles	Salle 111	3,6	2,1	3,3	3,3
	Salle 117	2,6	2,3	3,0	
	CDI	6,4	4,3	5,3	
	Techno-1	2,5	2,2	2,4	
	Extérieur	2,2		1,9	
Meylan	Salle H10	4,1	4,7	4,5	5,1
	Salle H4	2,8	3,5	7,1	
	CDI	5,5	6,4	8,3	
	Techno-I2	3,6	3,6	7,8	
	Extérieur	1,8	1,6	2,2	
Saint Chef	Salle C12	3,6	3,6	3,7	3,5
	Salle B5	3,3	4,2	4,6	
	CDI	2,6	3,7	4,4	
	Techno-D2	2,4	3,0	2,7	
	Extérieur	1,4	1,8	1,4	
Villefontaine	Salle 202	3,2	3,4	4,1	3,7
	Salle 302	3,6	2,7	4,1	
	CDI	4,2	3,4	5,3	
	Techno	4,6	3,2	3,1	
	Extérieur	1,7	2,0	1,3	
Vienne	Salle 8	3,4	4,6	5,6	5,0
	Salle 108	4,5	6,0	6,0	
	CDI	4,0	6,4	6,9	
	Techno 01	3,1	3,8	5,9	
	Extérieur	1,6	-	-	
Chatte	Salle E107	7,6	8,9	10,9	7,6
	Salle E002	5,0	3,8	6,3	
	CDI	8,2	8,2	13,3	
	Techno-S002	5,8	5,2	7,6	
	Extérieur	1,6	1,7	1,5	

Tableau 18 : Acétaldéhyde - récapitulatif des résultats.

	Rapport C _{int} / C _{ext}			
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	2,20	2,41	3,30	2,64
Grenoble	3,27	3,26	3,59	3,37
Echirolles	1,69		1,85	
Meylan	2,18	2,75	3,19	2,71
Saint Chef	2,16	2,05	2,75	2,32
Villefontaine	2,31	1,57	3,25	2,38
Vienne	2,28			
Chatte	4,28	3,77	6,22	4,76

Tableau 19 : Acétaldéhyde Rapport C_{int} / C_{ext}

Acétaldéhyde :
Une évolution identique au formaldéhyde mais moins dépendante de la température.

Acétaldéhyde (µg.m⁻³)

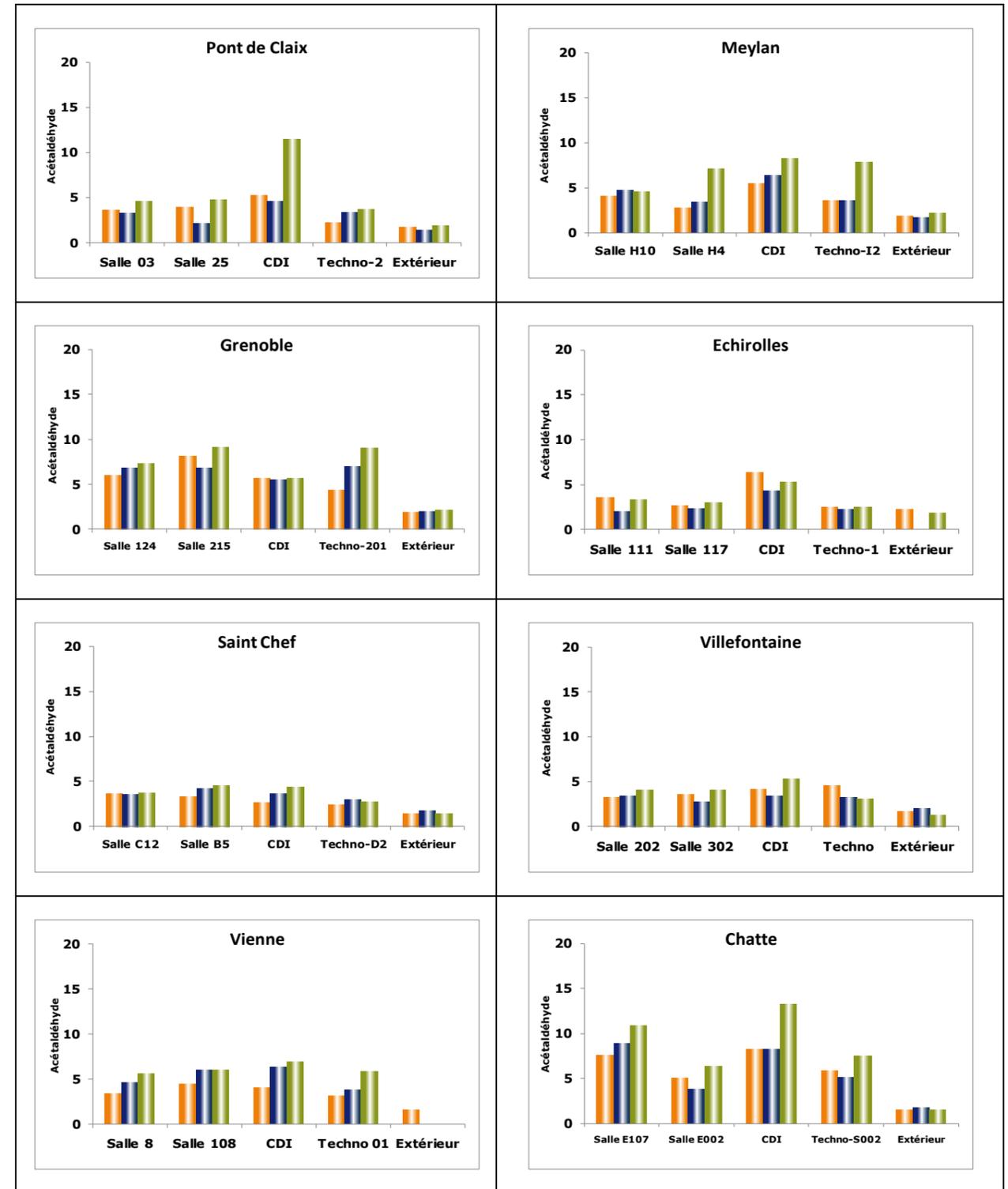


Figure 31 : Acétaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

Les Composés Organiques Volatils

7. Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les résultats des mesures effectuées montrent bien la diversité de l'origine des Composés Organiques Volatils que l'on peut retrouver à l'intérieur. Dans le cadre de notre étude, l'examen des graphiques ci-contre met en évidence plusieurs typologies différentes :

Le collège des Eaux Claires à Grenoble :

La présence de nombreux composés organiques volatils lors de la première campagne de mesure peut s'expliquer par les émanations liées aux produits de construction et d'aménagement du collège. En effet, cet établissement a été mis en service en début d'année scolaire et les travaux de construction ont été terminés peu avant.

Après une période de séchage (quelques mois), les niveaux de COV ont largement diminué et sont très faibles.

L'émanation de polluants après les travaux de construction, d'aménagement et de maintenance peut se prolonger sur des périodes relativement longues. Il est important, dans la mesure du possible, de prévoir une période d'aération des locaux concernés afin de diminuer l'exposition des enfants à ces polluants.

La même remarque peut être faite lors de la mise en place de mobilier neuf (bureaux). Cette mise en place devra donc être effectuée en début de vacances scolaires afin de permettre l'élimination de ces polluants.

Les collèges de Vienne et Saint Chef :

Un des éléments pouvant éventuellement expliquer la présence de propane, isobutane et n-butane que l'on retrouve en période froide aux collèges de Vienne et Saint Chef, pourrait être la présence à proximité de l'établissement d'une chaufferie (fuel ou gaz).

Les collèges de Pont de Claix, Meylan, Saint Chef et Chatte :

La présence de toluène, trichloroéthylène et de n-heptane peut être expliquée par l'utilisation de produits d'entretien ou de travaux effectués à proximité ou dans les salles de classe investiguées.

Le collège de Villefontaine :

Cet établissement ne présente pas de niveaux de COV élevé. L'incendie qui s'est déroulé au cours des vacances scolaires de l'été 2008 ne semble donc pas entraîner l'émission de polluants spécifiques.

D'après les résultats obtenus, nous ne pouvons pas mettre en évidence l'influence soit du trafic de proximité, soit d'un site industriel proche.

Campagne 1	Novembre - Décembre 2008
Campagne 2	Mars 2009
Campagne 3	Mai - Juin 2009

Composés Organiques Volatils :

L'émanation de polluants après les travaux d'aménagement, de maintenance et le nettoyage peut se prolonger sur des périodes relativement longues.

Entreposez le mobilier neuf dans un lieu aéré avant de le mettre en place dans les classes.

Aérez les classes après avoir fait le ménage.

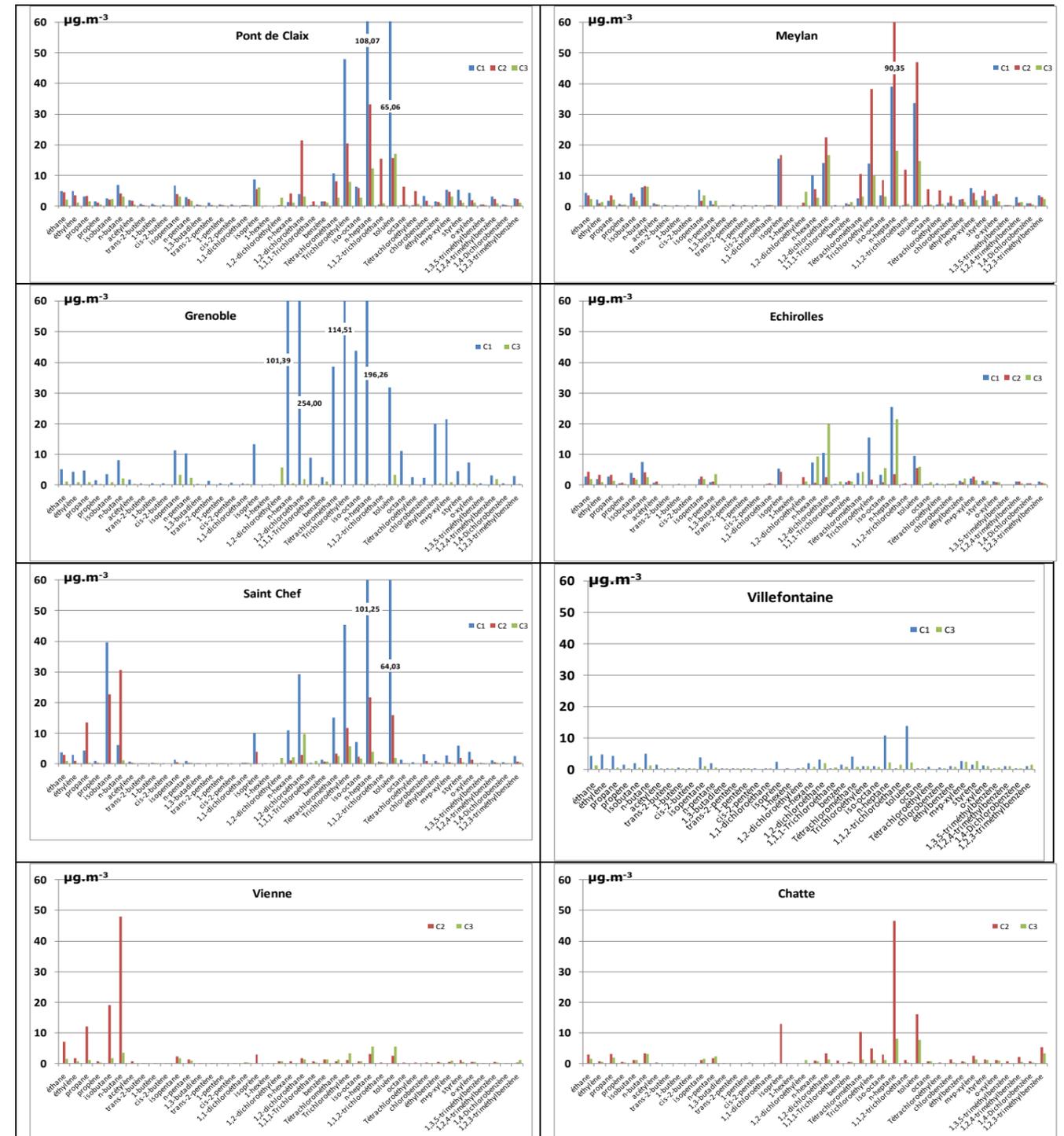


Figure 32 : Composés Organiques Volatils - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

Les mesures n'apparaissant pas sur les graphes sont dues à des problèmes de prélèvement (appareil débranché, coupure de courant essentiellement).

8. Aspects par établissements :

Hormis en ce qui concerne le dioxyde d'azote, les concentrations de polluants retrouvés à l'intérieur des salles de classe sont toujours supérieures à celles mesurées à l'extérieur. Cette différence est peu marquée pour le benzène, toluène et xylènes mais s'accroît fortement pour les composés de la famille des aldéhydes.

Pour le formaldéhyde, la valeur repère de $30 \mu\text{g m}^{-3}$ déterminée par le CSHP pour l'année 2009 est dépassée dans 4 des 5 établissements situés en zone urbaine (Grenoble, Meylan, Pont de Claix et Vienne). Seul le collège d'Echirolles avec des niveaux faibles, échappe à cette règle. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer ce phénomène :

- la présence d'autres polluants réagissant avec le formaldéhyde,
- l'ancienneté du bâtiment dont les matériaux n'émettent plus de formaldéhyde,
- une aération importante liée à la perméabilité du bâtiment. Les niveaux de NO_2 relativement élevés que nous avons mesurés sur ce site confirment cette hypothèse (le NO_2 provient essentiellement de sources extérieures).

	Chatte	Echirolles	Saint Chef	Villefontaine	
Dioxyde d'azote	Pas de risque spécifique	Des teneurs proches de la valeur limite annuelle en environnement extérieur.	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Risque potentiel mais non observé
BTEX	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées	Pas de risque identifié
Aldéhydes	Valeur repère 2009 dépassée au moins 1 fois. Valeur guide de l'AFSSET dépassée	Pas de valeurs de référence dépassées	Pas de valeurs de référence dépassées.	Pas de valeurs de référence dépassées.	Respect des recommandations et normes. D'autres polluants peuvent être présents
COV	Présence de trichloroéthylène, n-heptane et de toluène (produits d'entretien ?)	Pas de valeurs extrêmes.	Présence de trichloroéthylène, n-heptane et de toluène (produits d'entretien ?)	Pas de valeurs extrêmes.	Gène pouvant être ressentie sous certaines conditions ou certaines personnes.
	Pont de Claix	Meylan	Vienne	Grenoble	Qualité de l'air pouvant présenter une gêne ou un risque pour la santé
Dioxyde d'azote	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Qualité de l'air présentant en gêne ou un risque réel.
BTEX	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées. Présence de toluène et de xylènes dont l'origine reste indéterminée	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées. Présence de toluène et de xylènes dont l'origine reste indéterminée	Benzène : valeurs guides de l'AFSSET respectées mais des niveaux un peu élevés en toluène et xylène.	
Aldéhydes	Attention à la valeur d'information et de recommandation.	Valeur d'information et de recommandation dépassée au moins une fois.	Attention à la valeur d'information et de recommandation.	Bâtiment neuf : la situation devrait s'améliorer.	
COV	Présence de trichloroéthylène, n-heptane et de toluène (produits d'entretien ?)	Présence de trichloroéthylène, n-heptane et de toluène (produits d'entretien ?)	Pas de valeurs extrêmes.	Des émanations certainement liées aux travaux récents	

L'émission de polluants par les matériaux de construction et le mobilier peut durer pendant des périodes assez importantes. Il semble donc préférable de privilégier la réalisation de travaux ou d'aménagement en début de périodes de congés afin de permettre une diffusion maximale des polluants en dehors de la présence des élèves.

Les résultats des mesures confirment l'influence potentielle de la proximité de la voirie sur les concentrations de NO_2 relevées à l'intérieur pour le collège d'Echirolles. Ce constat n'est pas observé sur les autres collèges concernés (Meylan et Vienne). Un éloignement plus important à la voirie (quelques dizaine de mètres) peut expliquer cette différence. Le modèle SIRANE confirme cette approche.

La mesure des composés organiques (Xylènes en particulier) ne montre pas de différence significative entre les collèges de construction classique et ceux pour lesquels, le bois est largement utilisé (Chatte).

4. Conclusion :

L'étude que nous avons effectuée concernait 8 établissements répartis sur le département de l'Isère et devait permettre de vérifier que de telles investigations étaient réalisables dans les collèges, tant en ce qui concerne la visite préalable de l'établissement que la réalisation des mesures de polluants dans les salles de classe.

Elle devait aussi permettre d'établir un diagnostic vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur dans ces 8 établissements et de mettre en évidence les différents points susceptibles de contribuer à la détérioration de la qualité de l'air dans les salles de classe.

Nous présentons dans les paragraphes ci-dessous les observations relatives à chaque étape de cette étude.

1. Le déroulement de l'étude :

1. Les visites :

Toutes les visites se sont déroulées en présence du gestionnaire de l'établissement ou de la personne en charge de l'entretien des bâtiments, et souvent du Responsable en charge de bâtiment concerné au sein du Conseil Général (4 présence sur 8 visites). Elles ont permis de mettre en évidence les points susceptibles de contribuer à une dégradation de la qualité de l'air dans les locaux.

Ces visites ont été bien perçues même si plusieurs participants ont précisé qu'ils auraient certainement des difficultés à appliquer l'ensemble des recommandations qui ont été évoquées (aération, affichages divers, mise en place du mobilier ...).

2. Les campagnes de mesures :

Bien que la réalisation des prélèvements nécessaires à la mesure des polluants puisse présenter une gêne pour les enseignants en raison des temps nécessaires à la mise en place du matériel et de l'encombrement généré, nous avons toujours été bien accueillis.

Nous n'avons pas constaté de vandalisme sur le matériel installé dans les salles de classe. Seul le matériel de prélèvement installé à l'extérieur a été l'objet de perte (Vienne campagne 1 et 2, Grenoble campagne 3 et Echirrolles campagne 1).

2. Les résultats :

Les résultats que nous avons obtenus, même s'ils ne sont pas représentatifs de l'ensemble des collèges de l'Isère sont conformes à ceux retrouvés dans les autres études qui se sont déroulées en France^{c,d,f,h}.

1. Le renouvellement d'air :

La principale observation que nous pouvons retirer de ce travail concerne le défaut de renouvellement d'air que nous avons constaté dans pratiquement tous les établissements. Ces dysfonctionnements sont liés à une méconnaissance du système de ventilation et de son utilité.

Dans les 8 établissements visités, il semble fort probable que les taux de renouvellement d'air minimaux à appliquer d'après le règlement sanitaire départemental ne soient pas respectés.

2. Les polluants :

Les résultats obtenus montrent que lorsque les niveaux mesurés à l'extérieur sont élevés, ils peuvent influencer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments mais, pour la majorité des polluants (sauf NO₂), les niveaux à l'intérieur restent toujours plus élevés que les niveaux extérieurs. Cet état peut être lié, soit à une source intérieure qui vient s'ajouter à la pénétration de l'air extérieur, soit à un phénomène d'accumulation des polluants dans le bâtiment.

Les concentrations les plus élevées sont relevées pour les composés de la famille des aldéhydes (formaldéhyde en particulier). La présence de ces composés est fortement liée à la présence de sources à l'intérieur du bâtiment (mobilier, livres ...). Elles sont liées à la température et au taux d'humidité dans la classe. Les niveaux les plus importants sont relevés dans les CDI, salles où la présence d'ouvrages est importante. Certains composés organiques volatils présentent aussi des niveaux relativement élevés sans que nous puissions en affirmer clairement la raison, sauf à Grenoble où les émissions semblent fortement liées aux travaux récents.

Des niveaux de polluants relativement importants ont été relevés même dans les établissements disposant d'un système de renouvellement d'air satisfaisant, ce qui met bien en évidence l'utilité de l'aération (ouverture des fenêtres) qui reste un moyen efficace de diminuer rapidement les niveaux de pollution à l'intérieur.

Les mesures effectuées dans les classes sont assez homogènes au sein d'un même établissement et pour une même campagne mais on observe des différences importantes entre les différentes campagnes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence :

- des niveaux de pollution variables à l'extérieur,
- des émissions à l'intérieur variables en fonction des saisons :
- émissions des matériaux et mobiliers en fonction de la température et de l'humidité
- émissions liées aux activités des élèves ou d'entretien et de nettoyage.

Dans le cadre de la caractérisation d'un établissement vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur, il semble donc préférable de privilégier la réalisation de plusieurs campagnes de mesures sur des saisons différentes plutôt que de multiplier le nombre de points de mesures au sein d'un même établissement.

3. La faisabilité :

Cette étude de faisabilité a mis en évidence que la démarche que nous avons choisie de mener était bien acceptée par l'ensemble des acteurs concernés et que les différentes étapes constituant ce travail apportaient pour chacune d'entre elles des compléments d'information quant à l'état du bâtiment scolaire vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur.

Nous n'avons pas pu vérifier si les recommandations et les conseils que nous avons évoqués étaient bien repris par les différents acteurs concernés. Il semble toutefois que ceux-ci aient bien noté l'importance de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux et que souvent, quelques gestes simples suffisaient pour l'améliorer.

Nous n'avons pas rencontré de difficultés pour la réalisation des différentes étapes de cette étude et, la poursuite de ces diagnostics à d'autres établissements semble tout à fait réalisable. Elle serait à même de développer l'information auprès des acteurs concernés et ainsi de sensibiliser à cette thématique un plus grand nombre d'intervenants. La mesure des Composés Organiques Volatils, dont la mesure est relativement difficile à mettre en œuvre dans les classes et pour lesquels peu de données sont actuellement disponibles, ne présente qu'un intérêt limité dans le cadre d'un suivi régulier. Lors des investigations futures, ces composés ne seront donc mesurés que dans les établissements récents afin de vérifier la décroissance des émissions liées aux produits de construction et d'aménagement.

Quelques suggestions et recommandations :

- réaliser un diagnostic simplifié du système de renouvellement d'air :

Les fiches écol'air¹³ peuvent aider à la réalisation de ce diagnostic. Si des points sensibles sont relevés lors de ce premier diagnostic, une intervention par un spécialiste sera alors nécessaire. Cette première approche devrait permettre de vérifier que les occupants :

- connaissent bien le système de renouvellement d'air présent dans leur établissement,
- s'assurent de son entretien et de sa maintenance,
- s'assurent du bon fonctionnement **permanent**.

- Nommer dans chaque établissement un "réfèrent air" :

Après une formation, cette personne aura en charge le suivi de l'ensemble des problèmes liés à la qualité de l'air intérieur dans l'établissement. Il pourra être :

- un animateur pour sensibiliser les occupants,
- un lien vers les services techniques du Conseil Général pour signaler tous dysfonctionnements,
- un lien vers les services concernés pour le choix des matériaux et des produits d'entretien.

- Inclure la démarche air intérieur dans l'agenda 21 du Conseil Général :

Elaborer des documents de référence pour le choix des fournisseurs, des bâtisseurs, des opérateurs de maintenance en fixant des critères de labellisation et d'agrément du type ecolabels. Ces documents pourront être intégrés dans les clauses de marchés publics.

- Transmettre les connaissances relatives à la structure et l'aménagement des collèges :

Lors d'un changement de responsable technique en charge des établissements.

Cet aspect devrait permettre de garder une bonne cohérence dans la structure complète du bâtiment qui sera utile lors des phases de réaménagement et de travaux.

- Entretien et nettoyage :

- Choisir des produits préservant l'environnement (label NF environnement).
- Choisir une entreprise de nettoyage labellisée "éco-entreprise". Vérifier régulièrement la bonne application des consignes par le personnel.
- Vérifier que les conditions d'utilisation des produits sont bien appliquées et connues (surtout si le nettoyage est confié à une entreprise extérieure).
- Eviter l'utilisation de multiples produits. Préférer un produit unique*.
 - Utiliser des produits sans colorants, ni parfum de synthèse, à faible contenu en COV et sans éther de glycol (fiches techniques des produits).
 - Eviter les produits étiquetés dangereux et ne contenant pas de substances CMR (voir les phrases de risques inscrites sur les fiches techniques).
 - Pour vos commandes publiques, utiliser le guide de l'achat public durable publié par le Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi en juillet 2009.

* Rappel : L'eau de javel n'est pas un produit nettoyant et doit être utilisée après nettoyage. Elle ne doit pas être mélangée à d'autres produits. Bannissez-la de vos produits d'entretien.

Effectuez le nettoyage des salles, le soir, après le départ des élèves. Aérez les pièces pendant et après le nettoyage.

¹³ Fiches Ecol'air : Ces contiennent différentes informations nécessaires à une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles. Vous pouvez vous les procurer auprès de votre association de surveillance de qualité de l'air locale.

Ecolabels :



- Ne prenez en compte que les écolabels officiellement reconnus.
- Demandez au fournisseur de montrer que ses produits répondent bien aux caractéristiques demandées et que des formations d'utilisation sont prévues.



Stockage des produits utilisés en cours

- SVT : rappeler aux enseignants de stocker les produits dans les armoires prévues à cet effet
- Arts plastiques : Eviter le stockage dans les salles de classe.
- Aérer la salle de classe lors de l'utilisation de produits.

Implantation des établissements :

Evitez les implantations à proximité des axes routiers importants et des sources de pollution. Pour une meilleure connaissance de ces sources, vous pouvez consulter l'association de surveillance de qualité de l'air locale.

Aménagements – mobilier

- Préférer des entreprises et des matériaux écolabellisés.
- Vérifier que les additifs (colles par exemple) sont bien compatibles (voir le site <http://www.eurofins.com>).
- Stocker dans un endroit aéré (préau par exemple) les mobiliers neuf avant de les installer dans les classes.
- Réaliser les travaux d'aménagement et de mise en place de nouveau mobilier en début de congés scolaires et aérer les pièces concernées après leur installation.

Bibliographie

- a** Plan National Santé Environnement II 2009 – 2012
- b** Plan Régional Santé Environnement
- c** Mesure des aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches de la région Rhône-Alpes – Décembre 2007 – AASQA de la région Rhône-Alpes.
- d** Diagnostic Qualité de l'Air Intérieur dans les établissements scolaires du territoire de la Métro. Etude de faisabilité dans 4 établissements – Décembre 2008 – ASCOPARG
- e** Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe- *Journal officiel n° L152 du 11/6/2006 p.1-44.*
- f** Campagne de mesures du formaldéhyde dans les établissements scolaires et petite enfance de la ville de Strasbourg – Juillet 2005 – www.atmo-alsace.net.
- g** Valeurs guides AFSSET
- h** Bilan de la qualité de l'air dans 10 écoles de la région parisienne - A. M. Laurent - LHVP - Journée RSEIN - Juillet 2005
- i** Laurent AM, Person A, Petit-Coviaux F, Le Moullec Y, Festy B. (1993), Chemical characterization of indoor air quality inside schools in Paris. Proceedings of Indoor Air'93. Helsinki, Finlande, juillet 1993; vol 3 : 23-28.
- J** Recherche des déterminants du dioxyde d'azote et du formaldéhyde dans 96 logements de la ville de Québec (Canada) - Gilbert N.L., Gauvin D., Guay M. et al. ; Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada CETIAT (2001), Ventilation performante dans les écoles, Guide de Conception, 29p. ; Environmental Research, 102(1) [2006]: 1-8
- K** RSDT (1978), Règlement Sanitaire Départemental Type, Circulaire du 9 août 1978 relative à la révision du règlement sanitaire départemental type, J. O. du 13 septembre 1978.

5. Annexes

Annexe 1 : Liste des composés organiques volatils mesurés par les AASQA Rhône-Alpes

Annexe 2 : Liste des composés organiques volatils classés prioritaire par l'OQAI

Annexe 3 : Tableau : renouvellement d'air dans les salles de classe.

Annexe 1

Composés organiques volatils mesurés par les AASQA Rhône-Alpes.

Directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant. - *Journal officiel n° L 067 du 09/03/2002 p. 0014 - 0030*

éthane
éthylène
propane
propène
isobutane
butane
acétylène
trans-2-butène
1-butène
cis-2-butène
isopentane
pentane
1,3-butadiène
trans-2-pentène
1-pentène
cis-2-pentène
1-1 dichloroethane
isoprène
1-hexène
1-2 dichloroethylene
hexane
1-2 dichloroethane
1-1-1 trichloroethane
Benzene
tetrachloromethane
isooctane
heptane
1-1-2 trichloroethane
toluène
octane
tetrachloroethylene
chlorobenzene
éthylbenzène
méta-para xylène
styrene
ortho xylène
1,3,5 triméthyl benzène
1,2,4 triméthyl benzène
p-dichlorobenzene
1,2,3 triméthyl benzène

Annexe 2

Composés organiques volatils classés prioritaire par l'OQAI

alpha pinène	Désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien
1,4 dichlorobenzène	Anti-mite, désodorisant, taupicide
111-trichloroéthane	Formulations de colle, feutres, marqueurs
124-triméthylbenzène	Solvant pétrolier, carburants, goudrons, vernis
1-methoxy-2-propanol	Laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques, feutres, marqueurs (ether de glycol)
2-butoxyéthanol	Peintures, vernis, fongicides, herbicides, traitement du bois, calfatage siliconé (ether de glycol)
2-ethoxyéthanol	Peintures, laques, vernis (ether de glycol)
2-éthoxyéthyl acétate	Sources non connues
2-éthyl-1-hexanol	Solvants aqueux
Benzène	Carburants, fumée de cigarette, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration
Butyl acétate	Parquet, solvants
cyclohexane	Peintures, vernis, colles
Décane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis
Ethyl benzène	Automobile, cires
Isopropyl acétate	Sources non connues
Limonène	Désodorisant, parfum d'intérieur, cires, nettoyeurs sol
m/p-xylène	Peintures ; vernis, colles, insecticides
O-xylène	Peintures ; vernis, colles, insecticides
Styrène	Matières plastiques, matériaux isolants, automobile, fumée de cigarette
Tétrachloroéthylène	Nettoyage à sec, moquettes, tapis
Toluène	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence, feutres, marqueurs
Trichloroéthylène	Peintures, vernis, colles, dégraissant métaux
Undécane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol
acétone	Feutres, marqueurs
4 - methyl2 pent anone	Feutres, marqueurs
Acétate de butyl	Feutres, marqueurs, colles
méthyl butanone	colles
Benzaldéhyde	colles
Nonanol	colles

Annexe 3

Renouvellement d'air dans les établissements scolaires

Local	Débit d'air neuf à introduire [RSDT]	Catégorie de pollution	Occupation	
			Taux	Fréquence
Salle de classe de maternelle, primaire, collège (sauf ateliers)	15 m ³ /h/pers	NS	Max	***
Salle de classe de lycée (sauf ateliers)	18 m ³ /h/pers	NS	Max	***
Bibliothèque, CDI	18 m ³ /h/pers	NS	Faible	**
Bureaux	25 m ³ /h/pers	NS	Max	***
Salle de réunions, professeurs	18 m ³ /h/pers	NS	Var.	**
Salle d'enseignement pratique,	45 m ³ /h/pers	S	Max	**
Infirmierie	18 m ³ /h/pers	S	Faible	**
Cabinet d'aisance isolé	30 m ³ /h/local	S	Var.	**
Cabinets d'aisances groupés (N)	30+(15xN) m ³ /h	S	Var.	**
Salle à manger	22 m ³ /h/pers	NS	Max	*
Cuisine : moins de 150 repas	25 m ³ /h/repas	S	Max	*
Cuisine : de 150 à 500 repas	20 m ³ /h/repas	S	Max	*
Archives, dépôts,...	*	NS	Faible	**
Couloirs, circulations	*	NS	Var	**

* pas d'exigence de débit mais ces locaux doivent être ventilés par l'intermédiaire des locaux adjacents sur lesquels ils ouvrent.

La catégorie de pollution : Locaux à pollution spécifique (S) ou non spécifique (NS).
Le type d'occupation (utile pour la régulation et la gestion) est précisé à l'aide de deux paramètres :

- le taux d'occupation : variable, nominal (maximal), faible;
- la fréquence d'occupation : pratiquement tout le temps (***) , de temps en temps (**), pendant un temps donné (*)

Source : Ventilation performante dans les écoles - Guide de conception - CETIAT - 2001