

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 2010

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 (2010) *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. Contexte.....	5
2. Méthodologie.....	5
1. Visite de l'établissement	5
2. Les campagnes de mesures	6
1. Les polluants et paramètres mesurés	6
2. Matériel.....	9
3. Période de mesures :.....	10
3. Valeurs guides et valeurs de gestion de qualité de l'air intérieur :	10
3. Résultats	13
1. Les visites des établissements :	13
2. Les campagnes de mesures :.....	19
1. La mesure du CO ₂ :	19
2. Les polluants.....	25
1.Le dioxyde d'azote :.....	25
2.Le benzène :	27
3.Le toluène :	29
4.Les xylènes :.....	31
5.Le formaldéhyde :	33
6.Acétaldéhyde :	35
7.Aspects par établissements :	36
4. Conclusion :	37
1. Les visites :	37
2. Taux de renouvellement d'air et CO ₂ :	37
3. Les mesures de polluants :	37
4. Conclusion	38
5. Annexes	43

Figures et tableaux :

Figure 1 : NOx - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère. (Emissions 2003 – Version 2008-3).	6
Figure 2 : CO ₂ et test de performance (Myhrvold, 1995)	8
Figure 3: Tubes à diffusion passive (NO ₂ et BTEX)	9
Figure 4: mesure du CO ₂ et de la température.	9
Figure 5 : Le collège Moucherotte à Pont de Claix, situé à proximité du site industriel.	13
Figure 6 : Evacuation des gaz de combustion d'une chaufferie à La Motte d'Aveillans.	13
Figure 7 : L'espace central du collège de la Tour du Pin.	13
Figure 8 : Humidité sur un plafond.	16
Figure 9 : Evolution des teneurs en CO ₂ au cours de la semaine dans une salle de classe (campagne d'hiver).	19
Figure 10 : Occupation d'une salle de classe (Pont de Chéruy – Campagne 4).	20
Figure 11 : Collège de Pont de Chéruy - Suivi des taux de CO ₂ .	21
Figure 12 : Collège de La Motte d'Aveillans - Suivi des taux de CO ₂ .	21
Figure 13 : Dioxyde d'azote - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	25
Figure 14 : Benzène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	27
Figure 15 : Toluène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	29
Figure 16 : Xylènes (Ortho, Méta, Para) - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	31
Figure 18 : Formaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	33
Figure 19 : Acétaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.	35
Tableau 1: Origine des BTEX (source : OQAI)	7
Tableau 2 : Les aldéhydes mesurés	8
Tableau 3 : Dates des campagnes de mesures.	10
Tableau 4 : Valeurs guides de qualité de l'air intérieur proposées par l'AFSSET.	11
Tableau 5 : Valeurs de gestion de la qualité de l'air proposées par le HCSP.	12
Tableau 6 : Norme NF EN 312	17
Tableau 7 : Taux de renouvellement d'air et système de ventilation.	22
Tableau 8 : Temps d'exposition des élèves à des teneurs en CO ₂ > 1000 ppm.	22
Tableau 9 : NO ₂ – Rapport $t C_{int} / C_{ext}$	25
Tableau 10 : Dioxyde d'azote - récapitulatif des résultats.	25
Tableau 11 : Benzène - récapitulatif des résultats.	27
Tableau 12 : Benzène - Rapport C_{int} / C_{ext}	27
Tableau 13 : Toluène - récapitulatif des résultats.	29
Tableau 14 : Toluène - Rapport C_{int} / C_{ext}	29
Tableau 15 : Xylènes - récapitulatif des résultats.	31
Tableau 16 : Xylènes - Rapport C_{int} / C_{ext}	31
Tableau 17 : Formaldéhyde - récapitulatif des résultats.	33
Tableau 18 : Formaldéhyde	33
Tableau 19 : Acétaldéhyde - récapitulatif des résultats.	35
Tableau 20 : Acétaldéhyde	35
Tableau 21 : Récapitulatif des résultats par établissement.	41

1. Contexte :

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.

Ce travail fait suite à l'étude réalisée dans 8 établissements du département de l'Isère au cours de l'année scolaire 2008 – 2009^e. Elle a été réalisée à la demande du Conseil Général de l'Isère qui, a souhaité appliquer un protocole identique à d'autres établissements du département.

Les résultats obtenus permettront de compléter les connaissances sur la qualité de l'air à l'intérieur des classes et permettront aux Elus et au Services concernés du Conseil général d'avoir un diagnostic précis de la qualité de l'air intérieur pour les établissements investigués. Ils permettront de situer ces établissements vis-à-vis des valeurs recommandées.

2. Méthodologie

Le protocole utilisé est identique à celui utilisé lors de l'étude précédente^e et s'est déroulé en deux étapes distinctes :

- une visite de l'établissement scolaire,
- 3 campagnes de mesures des polluants à l'intérieur et dans l'environnement proche du collège (cours de récréation).

1. 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, dans la mesure du possible, d'un représentant du Conseil Général de l'Isère (chargé d'opération du territoire) ou du responsable en charge de l'entretien du collège.

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

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

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 :

- 22 septembre 2009 au collège ICARE à Goncelin,
- 29 septembre 2009 au collège du Moucherotte au Pont de Claix,
- 30 septembre 2009 au collège André Malraux à Voreppe,
- 1^{er} octobre 2009 au collège "Le Grand Champ" à Pont de Chéruy,
- 1^{er} octobre 2009 au collège "Le Calloud" à La Tour du Pin,
- 2 octobre 2009 au collège "du Vallon des Mottes" à La Motte d'Aveillans,
- 8 octobre 2009 au collège Jacques Brel à Beaurepaire,
- 12 octobre 2009 au collège "Péranche" à St Georges d'Espéranche.

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

Chacune d'entre elles a fait l'objet d'un compte rendu (voir annexes).

2. Les campagnes de mesures :

Afin de compléter les informations obtenues lors de la visite du collège, une mesure des polluants les plus fréquemment rencontrés dans les établissements scolaires et susceptibles d'avoir un impact sur la santé a été réalisée. Elles 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 l'air respiré par les élèves pendant leur période de travail.

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.

1. Les polluants et paramètres mesurés :

1. Le dioxyde d'azote (NO₂) :

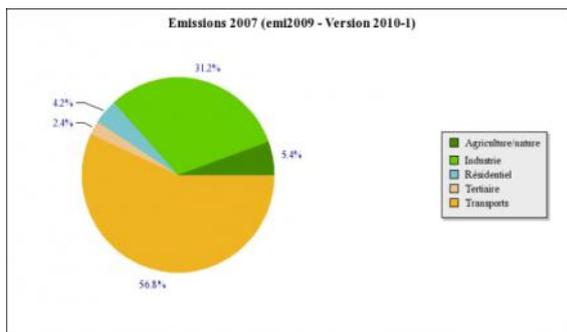


Figure 1 : NOx - Répartition des émissions par secteur d'activité dans l'environnement extérieur du département de l'Isère.

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.

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 = $2\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Pour le toluène, l'OMS¹ préconise une valeur guide pour l'air extérieur de $260\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne journalière.

Dans les locaux, le benzène fait l'objet de recommandations de la part de l'AFSSET² et du HCSP³. Les différentes valeurs sont présentées dans le paragraphe 2.3 page 10.

Composés	Sources spécifiques
benzène	Trafic automobile, Chauffage - Tabac, Produits d'entretien
toluène	Produits d'entretien
éthylbenzène	Automobile, cires
xylènes	Peintures, vernis, colles

Tableau 1: Origine des BTEX (source : OQAI⁴)

3. Les aldéhydes dont le formaldéhyde :

Cette famille de composés fait l'objet de nombreuses études^{c,g,k} 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 (chapitre 2.3 page 10).

¹ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

² AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'environnement et du Travail

³ HCSP : Haut Conseil de Santé Publique

⁴ OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

Les aldéhydes mesurés sont les suivants :

Composés	Sources spécifiques
Formaldéhyde	Photochimie, photocopieurs, panneaux de particules, de fibres et bois brut, livres neufs, peintures phase solvants, fumée de cigarettes
Acétaldéhyde	Photochimie, Fumée de cigarettes, Panneaux de particules et bois brut,
Propionaldéhyde	Fumée de cigarettes
Butyraldéhyde	Photocopieurs
Benzaldéhyde	Peintures phase solvants, Photocopieurs, Parquets traités
Isovaléraldéhyde	Parquets traités, Panneaux de particules
Valéraldéhyde	Livres neufs, Peintures phase solvants, Panneaux de particules

Tableau 2 : Les aldéhydes mesurés

4. 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).

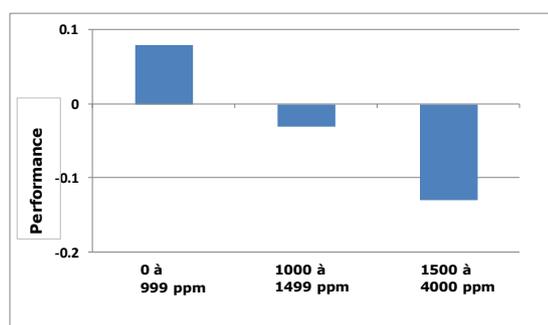


Figure 2 : CO₂ et test de performance (Myhrvold, 1995)

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. Celle-ci 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 3: 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®⁵.

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 4: 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.

⁵ Passam Ag® – CH-8708 Männedorf – Suisse - <http://www.passam.ch>

3. Période de mesures :

La qualité de l'air à l'intérieur des locaux peut être fortement influencée par les conditions climatiques. Une température plus élevée (période chaude) favorisera l'émission de polluants provenant du mobilier et des matériaux. Une moindre aération (en période froide lorsque les fenêtres sont ouvertes moins souvent) sera à l'origine de l'accumulation des polluants à l'intérieur.

Afin d'avoir une bonne représentativité de ces différentes conditions climatiques trois périodes de mesures réparties dans l'année sont retenues.

Collèges	1 ^{ère} campagne	2 ^{ème} campagne	3 ^{ème} campagne
Icare à Goncelin	Du 23/11/09 au 27/11/09	Du 01/02/10 au 05/02/10	Du 14/06/10 au 18/06/10
Moucherotte au Pont de Claix	Du 16/11/09 au 20/11/09	Du 25/01/10 au 29/01/10	Du 14/06/10 au 18/06/10
André Malraux à Voreppe	Du 16/11/09 au 20/11/09	Du 25/01/10 au 29/01/10	Du 03/05/10 au 07/05/10
Le Grand Champ à Pont de Chéruy	Du 30/11/09 au 4/12/09	Du 01/02/10 au 05/02/10	Du 31/05/10 au 04/06/10
Le Calloud à La Tour du Pin	Du 30/11/09 au 4/12/09	Du 08/02/10 au 12/02/10	Du 31/05/10 au 04/06/10
Vallon des Mottes à La Motte d'Aveillans	Du 16/11/09 au 20/11/09	Du 08/02/10 au 12/02/10	Du 17/05/10 au 21/05/10
Jacques Brel à Beaurepaire	Du 23/11/09 au 27/11/09	Du 01/02/10 au 05/02/10	Du 07/06/10 au 11/06/10
Péranche à St Georges d'Espéranche	Du 23/11/09 au 27/11/09	Du 08/02/10 au 12/02/10	Du 17/05/10 au 21/05/10

Tableau 3 : Dates des campagnes de mesures.

3. 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 des valeurs guides en qualité de l'air intérieur (VGAI) pour différentes substances. 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	Valeurs retenues		Parution
Formaldéhyde	VGAI court terme :		2007
	pour une exposition de 2 heures	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	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 heures	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 paru en 2010
	effets non cancérigènes pour une durée d'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^{-5}	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-6}	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
Particules (Valeurs de l'OMS recommandées par l'AFSSET)	Sur 24 heures :		2010
	PM 2,5	25 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	PM 10	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	Sur le long terme :		
	PM 2,5	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	PM 10	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
Tétrachloroéthylène (perchloroéthylène)	VGAI Court terme :		2010
	pour une exposition d'1 jour à 14 jours	1380 $\mu\text{g.m}^{-3}$	
	VGAI long terme :		
	pour une exposition > 1 an effets chronique non cancérigène	250 $\mu\text{g.m}^{-3}$	

Tableau 4 : 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.

Des études⁶ 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 font 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 : 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.

En outre, 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 qui implique des travaux et des actions d'amélioration 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		10 µg.m ⁻³	2 µg.m ⁻³
			2 µg.m ⁻³ en 2015			

Tableau 5 : Valeurs de gestion de la qualité de l'air proposées par le HCSP.

⁶ 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'une source connue d'émission est susceptible d'influencer l'air intérieur (axe de circulation important, site industriel...).



Parmi les 8 collèges investigués, seul le collège Moucherotte à Pont de Claix semble concerné par ce risque. En effet, la présence à proximité d'un site industriel important pourrait créer des nuisances à l'intérieur du bâtiment.

Figure 5 : Le collège Moucherotte à Pont de Claix, situé à proximité du site industriel.

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)

- Les collèges "du Vallon des Mottes" à La motte d'Aveillans et "le Calloud" à La Tour du Pin disposent d'une chaufferie dont la cheminée d'évacuation des gaz est située à proximité des salles de cours. Les émissions issues de ces cheminées peuvent, selon la direction du vent, pénétrer dans les salles situées à proximité.



Figure 6 : Evacuation des gaz de combustion d'une chaufferie à La Motte d'Aveillans.

- Les atriums vitrés présents dans plusieurs collèges (La Tour du Pin, St Georges d'Espéranche et Pont de Chérury) constituent sans doute une économie d'énergie (chauffage) mais, selon les personnes qui ont participé aux visites, ceux-ci sont source d'inconfort en période chaude.



Figure 7 : L'atrium vitré du collège de la Tour du Pin.

3. Le renouvellement d'air :

Dans certains 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. C'est particulièrement le cas pour le collège de Pont de Claix qui présente la caractéristique d'être situé dans une zone SEVESO, ce qui implique un circuit de renouvellement d'air particulier, certainement plus complexe à suivre.

Parmi les 8 collèges visités, 6 présentaient, au moment de notre visite, un défaut de fonctionnement soit dans une partie du bâtiment soit de façon globale du système de renouvellement d'air. Il semble donc très utile pour les gestionnaire de bâtiment de connaître le fonctionnement de leur système de ventilation dans le but d'en garantir l'entretien et l'efficacité.

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,
- des sorties d'air vicié situées en partie haute de ces mêmes pièces ou des extracteurs disposés en toiture.

Ce système est celui en place dans le collège André Malraux à Voreppe et dans la partie principale du collège "Jacques Brel" à Beaurepaire.

L'utilisation de ce système de renouvellement d'air reste tout à fait efficace sous réserve de ne pas bloquer les infiltrations d'air par les défauts d'étanchéité des murs et fenêtres (remplacement des fenêtres par des fenêtres plus étanches à l'air en particulier) ou en obturant les entrées d'air.

2. Ventilation mécanique contrôlée (VMC) :

Ventilation simple flux :

Le principe de fonctionnement consiste à aspirer l'air neuf 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.

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

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

Les collèges "Jacques Brel" à Beaurepaire, "Le grand champ" à Pont de Chéruy, "Icare" à Goncelin, "Péranche" à St Georges d'Espéranche et Le "Calloud" à La Tour du Pin sont équipés d'un système de ventilation mécanique simple flux.

Le fonctionnement de ces installations n'est cependant pas optimal ou parfois défaillant :

- Au collège de Beaurepaire, la VMC est arrêtée dans certaines salles (Salles polyvalente en particulier) lors de la présence des élèves en raison du bruit que celle-ci génère.
- Au collège Péranche, l'ensemble de la VMC ne fonctionnait pas.
- Au collège de Goncelin, la ventilation de l'aile nord du bâtiment et la salle polyvalente dysfonctionnait ; ce qui engendrait probablement la forte odeur d'humidité ressentie dans la salle polyvalente.

Le bon fonctionnement de ce type de ventilation est fortement lié au respect du circuit d'air (entrée et extractions d'air) et à un entretien régulier.

Ventilation double flux :

Basé sur le même principe que la VMC simple flux, l'air admis dans les salles de classe peut être traité au préalable (réchauffement, épuration ...). 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. Le collège du "Vallon des Mottes" à La Motte d'Aveillans en est équipé. Cet établissement est d'ailleurs construit selon les recommandations liées au Label HQE.

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

L'ouverture des fenêtres lors des interclasses et de la pratique d'activités susceptibles d'émettre des composés polluants (peinture, collage ...) est un complément efficace à la ventilation. Toutefois 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.

L'ouverture des fenêtres n'est pas toujours possible dans les bâtiments équipés d'un système de renouvellement d'air par VMC double flux. En général, sauf en cas de dysfonctionnement, celui-ci est suffisant pour assurer une bonne qualité de l'air à l'intérieur.

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

[RSD TYPE]¹ " 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.

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 (béton, carrelage ...). Les parois et les sols ne sont pas recouverts de moquettes ou de revêtements susceptibles de jouer un rôle accumulateur de germes ou de biocontaminants.

5. L'entretien des bâtiments :

Au cours des visites, nous avons pu constater la présence de tâches d'humidité essentiellement sur les plafonds, dans plusieurs établissements (Pont de Claix, Goncelin, Voreppe). Les salles



Figure 8 : Humidité sur un plafond.

polyvalentes présentent souvent des traces d'humidité ou/et des odeurs. Cet état semble plus lié au système de renouvellement d'air non utilisé lors de la présence des élèves dans cette salle. Il pourrait être judicieux d'équiper ces équipements de temporisateurs permettant de devancer ou prolonger l'aération quelques temps avant ou après la présence des élèves.

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 matériaux d'isolation (collège de Saint Georges d'Espéranche) et les dalles recouvrant les sols (collège de Voreppe). L'enlèvement ou le recouvrement de ces matériaux permet d'éviter ce type de contamination.

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

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

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 6 : 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.

Ainsi, 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 l'arrivée des élèves.

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

6. Observations par établissements

Sans présenter un caractère exhaustif, le tableau suivant reprend les principales observations concernant les établissements visités :

	Pont de Claix	Goncelin	Pont de Cheruy	Voreppe	
V i s i t e s	Environnement extérieur	Emissions industrielles à proximité (1 Km)	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	
	Ventilation	Système de ventilation générale indéterminé. Equipement bruyant dans la salle polyvalente.	Dysfonctionnement ponctuel dans l'aile nord du bâtiment.	Dysfonctionnement ponctuel (maintenance)	Présence d'humidité sur les fenêtres en hiver (ventilation insuffisante)
	Matériaux de construction	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Risque à déterminer pour l'utilisation de bois.	Au sol, dalles plastiques dégradées dans l'atelier
	Aspects généraux	Quelques traces d'humidité dans la salle d'arts plastiques	Présence de tâches d'humidité et odeur importante dans la salle polyvalente.	Pas de risque identifié	Quelques tâches d'humidité
	Divers	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Bouches d'aération obstruées par des cartons. Stockage des produits dans une armoire non conforme.	Pas de risque identifié
	La Motte d'Aveillans	Beaurepaire	La Tour du Pin	St Georges d'Espérance	
V i s i t 	Environnement extérieur	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié
	Ventilation	Dysfonctionnement ponctuel dans la partie centrale du bâtiment (maintenance).	Pas de risque identifié	Système de ventilation indéterminé et non connu du responsable.	Système défaillant et méconnu des responsables
	Matériaux de construction	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié	Pas de risque identifié
	Aspects généraux	Hotte de la machine à laver la vaisselle de la cuisine non	Stockage des produits (SVT, arts plastiques) à revoir	Attention à la cheminée de la chaufferie.	Stockage des produits (SVT, arts plastiques) à revoir
	Divers	Prévoir un système de temporisation pour l'aération de la salle polyvalente.	Système de ventilation de la salle polyvalente indéterminé.	Renouvellement d'air dans les classes donnant directement sur le hall central	Pas de risque identifié

	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. Il représente l'état du bâtiment au jour de notre visite.

Parmi l'ensemble des observations, le dysfonctionnement du système de renouvellement d'air est fréquemment mis en évidence. Le manque d'entretien et de suivi et la gêne que peut générer ces systèmes (bruit, courant d'air) sont souvent à l'origine de ces dysfonctionnements.

2. Les campagnes de mesures :

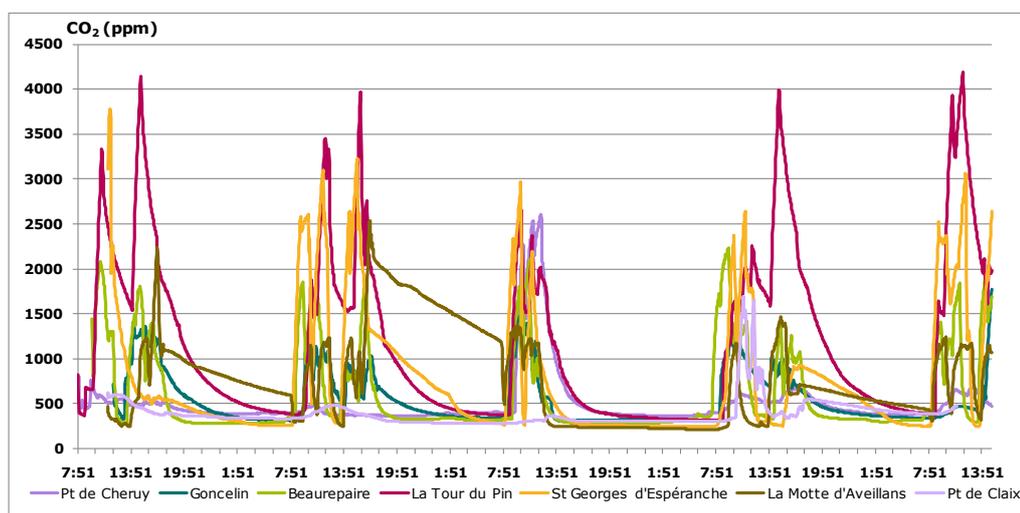
Les campagnes de mesures permettront de compléter les informations relatives à la qualité de l'air dans les salles de classe des collèges. Les résultats obtenus seront comparés aux recommandations relatives au formaldéhyde et au benzène de l'AFSSET et du HCSP.

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 9 : 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 des taux de CO₂ dépendant de l'établissement, de la saison ou des habitudes des occupants.

Les mesures de CO₂ confirment bien les constats effectués lors des visites avec des concentrations particulièrement élevées pour les collèges de La Tour du Pin (salle ne possédant pas d'ouverture vers l'extérieur), Saint Georges d'Espéranche (VMC arrêtée).

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 afin 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.

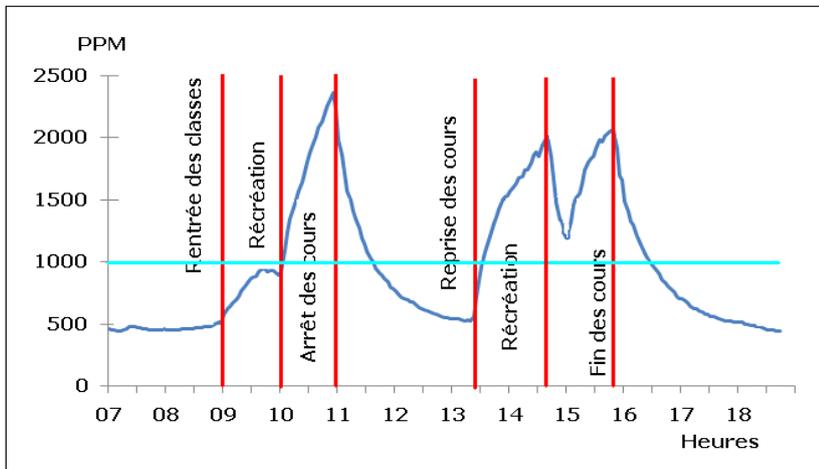


Figure 10 : Occupation d'une salle de classe (Pont de Chéry - Campagne 4).

- 9h : L'enseignant rentre seul dans sa salle de classe.
- 10h : pause de quelques minutes.
- 10h : Les élèves rentrent en classe.
- 11h : Les élèves quittent la classe pour la pause de midi.
- 13h30 : Reprise des cours.
- 14h30 : Récréation.
- 14h40 : Reprise des cours.
- 15h40 : Fin des cours.

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 méthodes⁷. Les estimations suivantes ont été calculées par 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 :

$$C_i(t) - C_e = [C_i(0) - C_e] \cdot \exp(-Nt)$$

$C_i(t)$ = concentration en CO₂ dans la pièce à l'instant t.
 C_e = concentration en CO₂ à l'extérieur à l'instant initial (généralement voisin de 350 ppm)
 N = taux de renouvellement d'air (vol/h)

⁷ Méthodologie d'analyse des données pour l'évaluation du renouvellement d'air et des risques de condensation – CSTB - 2003

Décroissance rapide des taux de CO₂ en fin de journée :

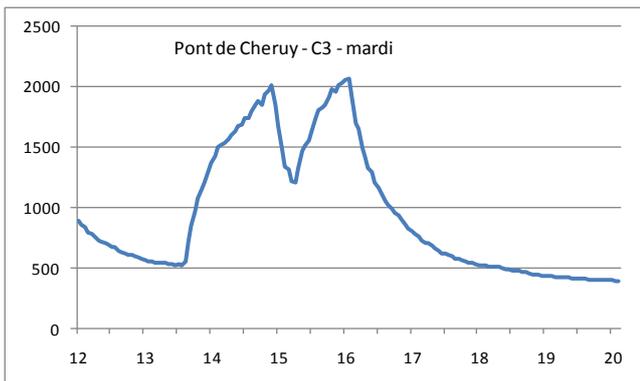


Figure 11 : Collège de Pont de Chéruy - Suivi des taux de CO₂.

Dans cet établissement, les niveaux de CO₂ diminuent assez rapidement en fin de journée. Cette décroissance se poursuit pour atteindre vers 19 heures, les mêmes niveaux que ceux mesurés dans l'environnement extérieur (environ 400 ppm). Par contre, malgré la présence d'une VMC, la diminution de concentration en cours de journée (lors des interclasses essentiellement) ne permet pas d'abaisser les niveaux à des valeurs inférieures à 1000 ppm.

Le taux de renouvellement d'air calculé sur cette période est égal à 1,3 volume / heure. Cette estimation est confirmée par les calculs que effectués sur d'autres périodes.

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.

Décroissance lente des taux de CO₂ en fin de journée :

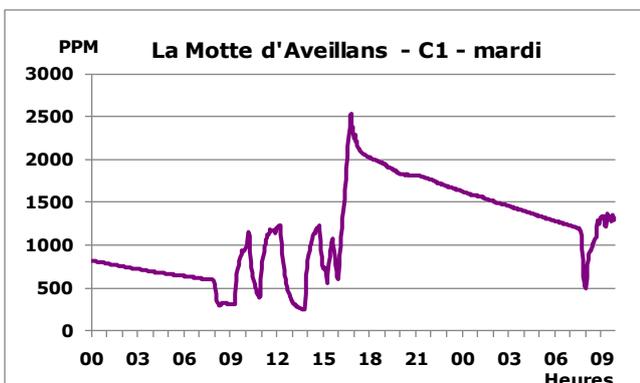


Figure 12 : Collège de La Motte d'Aveillans - Suivi des taux de CO₂.

Dans cet exemple, la décroissance de fin de journée est lente et que le seuil de 1000 ppm n'est toujours pas atteint avant l'ouverture d'une fenêtre le lendemain matin en début des cours.

Le taux de renouvellement d'air calculé sur cette période est inférieur à 0,1 volume / heure. Cette estimation est confirmée par les calculs que nous avons effectués sur d'autres périodes.

Cette décroissance a été observée alors que le système de renouvellement d'air du collège était arrêté. Le tableau page 7 page suivante, montre que le débit d'extraction est correct lorsque le système fonctionne normalement.

Le tableau ci-dessous présente le taux de renouvellement d'air (TRA) dans les différents établissements investigués. Ces taux sont calculés en fin de journée lorsque les élèves ont quitté la salle de classe. Afin d'estimer le fonctionnement du système de renouvellement d'air (VMC ou ventilation naturelle), les portes et fenêtres ne doivent pas être ouvertes au cours de la décroissance des teneurs en CO₂. Les calculs ont été effectués sur plusieurs périodes afin de vérifier la cohérence des résultats obtenus. L'ensemble des données est présenté dans l'annexe 2.

	Taux moyen de renouvellement d'air (Vol/h)	Système de renouvellement d'air
Pont de Claix	0,12	Indéterminé
Voreppe	0,25	VN
Beaurepaire	1,51	VN
La Tour du Pin	0,32	VMC SF
Pont de Chérucy	0,78	VMC SF
Goncelin	0,66	VMC SF
St Georges d'Espéranche	0,39	VMC SF
La Motte d'Aveillans	2,05	VMC DF

Tableau 7 : Taux de renouvellement d'air et système de ventilation.

Quel que soit le type d'établissement, les taux de renouvellement d'air relevés sont largement inférieurs au taux préconisé par le RSD (environ 3 Vol.h⁻¹).

Le collège de La motte d'Aveillans équipé d'une VMC double flux présente le taux de renouvellement d'air le plus important (cette VMC ne fonctionnait pas au 1^{er} trimestre voir page précédente). On peut noter la bonne performance du collège de Beaurepaire dont le renouvellement d'air est assuré uniquement par ventilation naturelle.

4. L'exposition au CO₂ des élèves :

Comme précisé dans les paragraphes précédents, la limite de concentration de 1000 ppm de CO₂ à ne pas dépasser est couramment admise pour définir les débits de renouvellement d'air réglementaires (RSD, 1978).

Le pourcentage de temps durant lesquels les élèves étaient soumis à des teneurs supérieures à 1000 ppm a été calculé pour chaque classe équipées d'une mesure en continue du CO₂. Ces temps sont calculés à partir des moyennes quart-horaires des mesures, pour les temps de présence des élèves dans la classe (lundi, mardi, jeudi, vendredi). Les données manquantes sont liées soit à l'absence des élèves dans la classe, soit à un dysfonctionnement de l'appareil de mesures.

	CO ₂ : % de temps > 1000 ppm			
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	-	94	20	57
Voreppe	-	-	-	-
Beaurepaire	66	65	-	65
La Tour du Pin	83	85	51	71
Pont de Chérucy	68	82	38	52
Goncelin	40	69	-	52
St Georges d'Espéranche	86	94	62	77
La Motte d'Aveillans	50	-	63	56

Tableau 8 : Temps d'exposition des élèves à des teneurs en CO₂ > 1000 ppm.

La valeur de 1000 ppm est dépassée pour l'ensemble des établissements, essentiellement lors des périodes les plus froides (C1 et C2). Toutefois, si l'on observe les courbes de la figure n° 9, ces dépassements peuvent atteindre des valeurs plus ou moins élevées selon l'établissement considéré

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

(> 4000 ppm pour La Tour du Pin dont la classe ne possède pas d'ouvrant vers l'extérieur et environ 1300 ppm pour La Motte d'Aveillans équipé d'une VMC double flux).

1. Résultats par établissements :

La totalité des établissements visités présente des teneurs en CO₂ ponctuellement supérieures à 1000 ppm. Toutefois, les valeurs maximales observées varient nettement d'un établissement à l'autre. Ces résultats confirment ceux obtenus dans d'autres études et mettent bien en évidence que le renouvellement d'air dans les salles de classe n'est pas entièrement satisfaisant.

Pont de Claix		Goncelin		Pont de Cheruy		Voreppe	
Système de ventilation indéterminé. Un TRA* faible mais des valeurs maximales limitées.		Des taux de CO ₂ modérés malgré quelques dépassements de la valeur 1000 PPM et un faible TRA*.		Des taux de CO ₂ modérés malgré quelques dépassements de la valeur 1000 PPM.		Pas de données fiables	
*TRA : Taux de renouvellement d'air.							
La Motte d'Aveillans		Beaurepaire		La Tour du Pin		St Georges d'Espéranché	
Ensemble correct mais encore quelques pointes > 1000 ppm		Situation moyenne qui pourrait être améliorée		Des niveaux de CO ₂ > 1000 ppm pendant plus de 80% du temps en hiver		Les mesures confirment l'absence de ventilation sur au moins deux trimestres.	

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

L'absence de fonctionnement du système de renouvellement d'air au collège de Saint Georges d'Espéranché est bien mise en évidence par les mesures réalisées à plusieurs moments de l'année scolaire.

Le dysfonctionnement du système de renouvellement d'air constaté à La Motte d'Aveillans lors de la visite initiale et au 1^{er} trimestre a été corrigé. Les mesures suivantes montrent que les concentrations en CO₂ sont correctes quand le système fonctionne normalement.

A la Tour du Pin, la situation de la salle de classe étudiée est propice à l'accumulation de CO₂ par manque de ventilation. En effet, cette classe est située à l'intérieur de l'atrium vitré et ne présente pas d'ouverture donnant directement vers l'extérieur. L'utilisation de cette pièce comme salle de classe semble inappropriée.

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 sauf à Pont de Chérury lors de la 3^{ème} campagne, dans deux salles (B106, CDI). Ce fait peut être expliqué par des niveaux extérieurs très faibles.

NO ₂ (µg.m ⁻³)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	25,9	15,6	21,8	20,3
	S201	32,6	17,8	22,2	
	CDI	12,0	14,4	17,7	
	Techno	27,1	14,4	21,9	
	Ext	43,4	35,8	24,5	
Voreppe	S109	14,0	20,2	12,1	13,8
	S103	17,3	15,2	9,6	
	CDI	7,9	7,5	5,9	
	Techno	17,7	25,1	12,5	
	Ext	26,5	28,6	17,0	
La Tour du Pin	S219	7,5	11,0	7,8	10,6
	S212	12,5	12,1	6,4	
	CDI	11,7	11,4	7,1	
	Techno	15,5	16,6	7,5	
	Ext	21,3	23,0	7,6	
Goncelin	ES9	20,1	27,2	10,2	16,7
	EN13	15,1	24,2	11,0	
	CDI	9,5	19,8	11,7	
	Techno	15,5	26,4	9,4	
	Ext	33,1	40,5	13,4	
La Motte d'Aveillans	S04	6,4	4,1	2,9	4,8
	S314	6,1	6,0	-	
	CDI	6,8	7,6	0,9	
	Techno	4,9	4,8	2,4	
	Ext	12,5	16,5	5,3	
St Georges d'Espéranche	S105	6,8	15,1	4,7	8,5
	S111	6,5	16,0	6,7	
	CDI	5,3	13,9	5,5	
	Techno	4,5	12,0	5,5	
	Ext	6,4	21,7	8,3	
Pont de Chérury	A104	15,5	17,3	3,5	11,2
	B106	11,6	12,0	8,8	
	CDI	14,4	16,6	9,5	
	Techno	9,7	12,4	2,8	
	Ext	17,9	24,0	3,5	
Beaurepaire	S02	8,1	16,0	3,6	9,9
	S104	9,3	16,4	4,7	
	CDI	7,9	15,1	5,1	
	Techno	9,6	17,7	5,2	
	Ext	12,4	21,5	6,3	

Tableau 10 : Dioxyde d'azote - récapitulatif des résultats.

Les concentrations relevées à l'intérieur suivent bien l'évolution saisonnière des niveaux mesurés à l'extérieur, ce qui montre bien l'influence du milieu extérieur sur les concentrations de NO₂ relevées à l'intérieur.

Les niveaux mesurés sont très homogènes sur l'ensemble des classes d'un même établissement.

Il n'existe pas de recommandation ou de norme concernant les concentrations de NO₂ à l'intérieur. A l'extérieur, la valeur limite à respecter est de 40µg.m⁻³ en moyenne annuelle.

Que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des établissements investigués, cette valeur est respectée pour tous les établissements.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	0,6	0,4	0,9	0,6
Voreppe	0,5	0,6	0,6	0,6
La Tour du Pin	0,6	0,6	1,0	0,7
Goncelin	0,5	0,6	0,8	0,6
La Motte d'Aveillans	0,5	0,3	0,4	0,4
St Georges d'Espéranche	0,9	0,7	0,7	0,7
Pont de Chérury	0,7	0,6	1,7	1,0
Beaurepaire	0,7	0,8	0,7	0,7

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

Ces résultats correspondent bien à ceux trouvés dans d'autres études. Ils mettent en évidence l'influence des concentrations relevées à l'extérieur sur les niveaux trouvés à l'intérieur^{e,c,d,g,i}.

Les établissements de Pont de Claix, Voreppe et Goncelin et dans une moindre mesure La Tour du Pin situés en zone de forte urbanisation présentent des niveaux plus élevés que ceux situés en zone rurale. Les émissions plus importantes dans ces zones expliquent cet état.

Campagne 1	Novembre	2009
Campagne 2	Janvier	2010
Campagne 3	Mai	2010

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.

Dioxyde d'azote (µg.m⁻³)

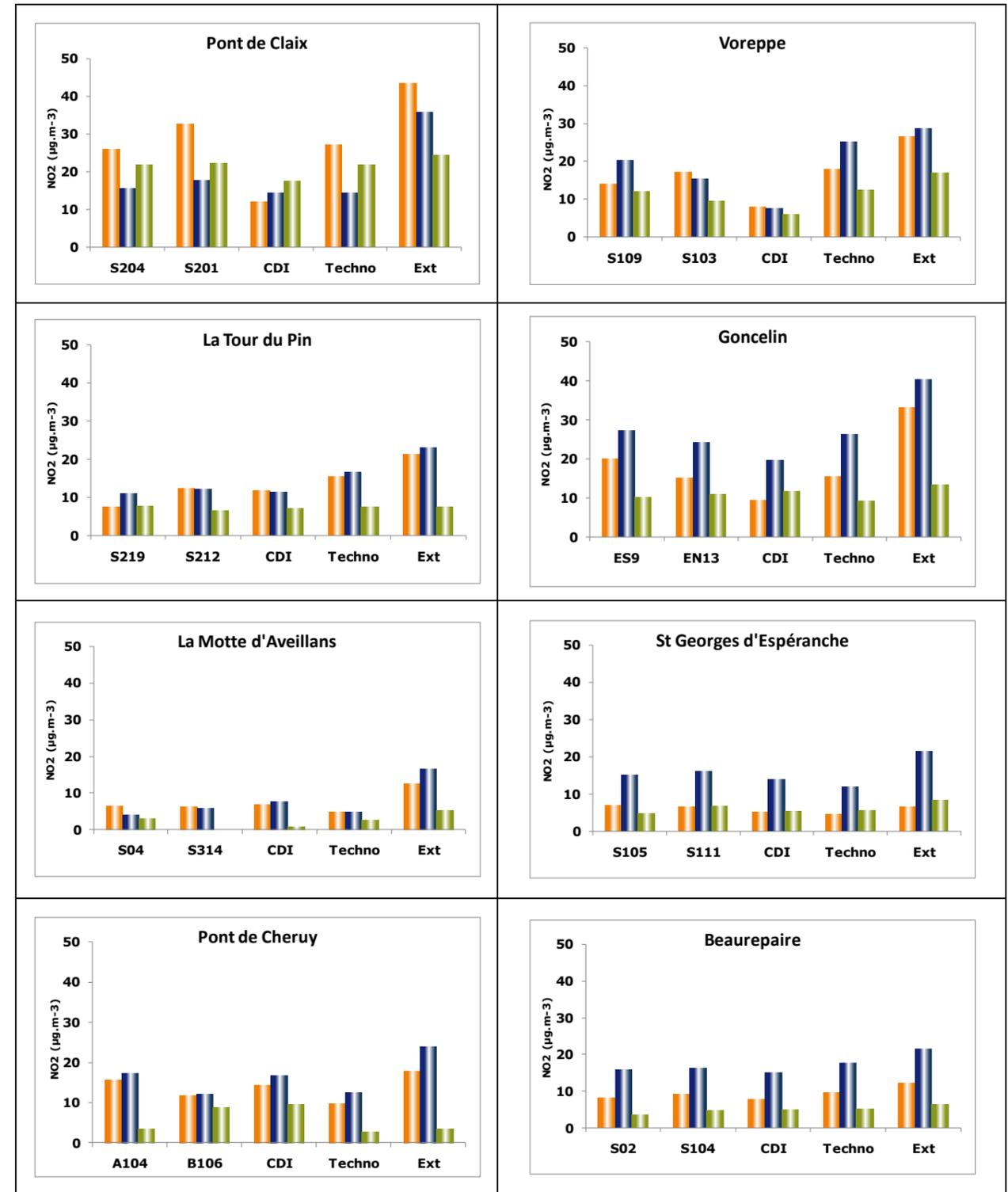


Figure 13 : Dioxyde d'azote - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

2. Le benzène :

Les niveaux mesurés à l'intérieur sont toujours supérieurs ou égaux à ceux mesurés à l'extérieur. Des écarts assez importants sont relevés entre les établissements. Ces différences ne sont pas retrouvées sur les niveaux extérieurs. La localisation (urbaine ou rurale) du collège ne semble pas être le critère majeur de ces écarts.

Au sein d'un même établissement, on observe peu de variation entre les salles de cours et le CDI ou la salle de technologie. Par contre, cette variation est plus marquée en fonction des saisons, avec des concentrations nettement plus élevées en période froide.

Benzène ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	3,0	4,4	1,2	2,7
	S201	2,6	3,4	1,4	
	CDI	2,9	3,8	1,7	
	Techno	2,9	3,8	1,1	
	Ext	2,2	2,6	0,5	
Voreppe	S109	2,0	3,0	1,2	2,3
	S103	3,0	3,6	2,1	
	CDI	1,9	3,2	1,7	
	Techno	1,9	3,0	1,1	
	Ext	1,9	2,4	0,3	
La Tour du Pin	S219	2,5	2,9	1,1	1,8
	S212	1,6	2,7	0,9	
	CDI	1,6	2,4	1,0	
	Techno	1,3	2,6	0,9	
	Ext	1,2	1,8	0,5	
Goncelin	ES9	2,4	3,0	1,2	2,1
	EN13	2,5	3,0	1,1	
	CDI	2,3	3,0	0,7	
	Techno	2,0	3,0	0,8	
	Ext	2,0	2,4	0,4	
La Motte d'Aveillans	S04	1,3	2,0	1,0	1,6
	S314	1,4	2,3	1,0	
	CDI	1,4	2,5	1,2	
	Techno	1,4	2,7	1,2	
	Ext	0,9	1,6	0,5	
St Georges d'Espérance	S105	1,0	2,7	1,1	1,9
	S111	1,6	2,8	0,9	
	CDI	1,0	3,1	1,1	
	Techno	4,1	2,7	1,0	
	Ext	0,7	2,0	0,5	
Pont de Chéry	A104	1,7	2,6	0,7	2,0
	B106	2,4	4,1	-	
	CDI	1,6	2,5	0,6	
	Techno	2,1	2,5	1,4	
	Ext	1,0	1,8	0,4	
Beaurepaire	S02	1,3	1,8	0,8	1,3
	S104	1,4	1,8	0,9	
	CDI	1,3	2,1	0,9	
	Techno	1,1	1,7	0,8	
	Ext	1,1	0,8	0,6	

Tableau 11 : Benzène - récapitulatif des résultats.

La salle de technologie du collège de St Georges d'Espérance lors de la 1^{ère} campagne et la salle B106 au collège de Pont de Chéry lors de la 2^{ème} campagne se caractérisent avec des concentrations largement supérieures à celles relevées dans les autres classes à la même période. L'utilisation ponctuelle de produits susceptibles d'émettre du benzène⁸ ou la réalisation de manipulation (combustion par exemple) peuvent en être la cause (les mesures des autres composés (toluène, xylène) présentent les mêmes pointes).

Les résultats obtenus sont cependant inférieurs aux valeurs cible préconisées par l'AFSSET et le HCSP ($10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et devraient donc respecter les valeurs de gestion qui seront définies prochainement.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	1,3	1,5	2,5	1,7
Voreppe	1,2	1,3	4,6	2,4
La Tour du Pin	1,5	1,4	2,1	1,7
Goncelin	1,2	1,2	2,1	1,5
La Motte d'Aveillans	1,5	1,5	2,1	1,7
St Georges d'Espérance	2,6	1,4	2,0	2,0
Pont de Chéry	1,9	1,7	2,1	1,9
Beaurepaire	1,1	2,5	1,4	1,6

Tableau 12 : Benzène - Rapport C_{int} / C_{ext}

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

Ces résultats sont cohérents à ceux trouvés dans d'autres études. Ils mettent en évidence l'influence concomitante des concentrations relevées à l'extérieur cumulées aux sources intérieures^{c,d,e,g,i}.

⁸ 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.

Campagne 1	Novembre	2009
	Décembre	
Campagne 2	Janvier	2010
	Février	
Campagne 3	Mai	2010
	Juin	

Benzène :

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

Les valeurs cible de l'AFSSET et du HCSP ne sont pas atteintes.

Benzène ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

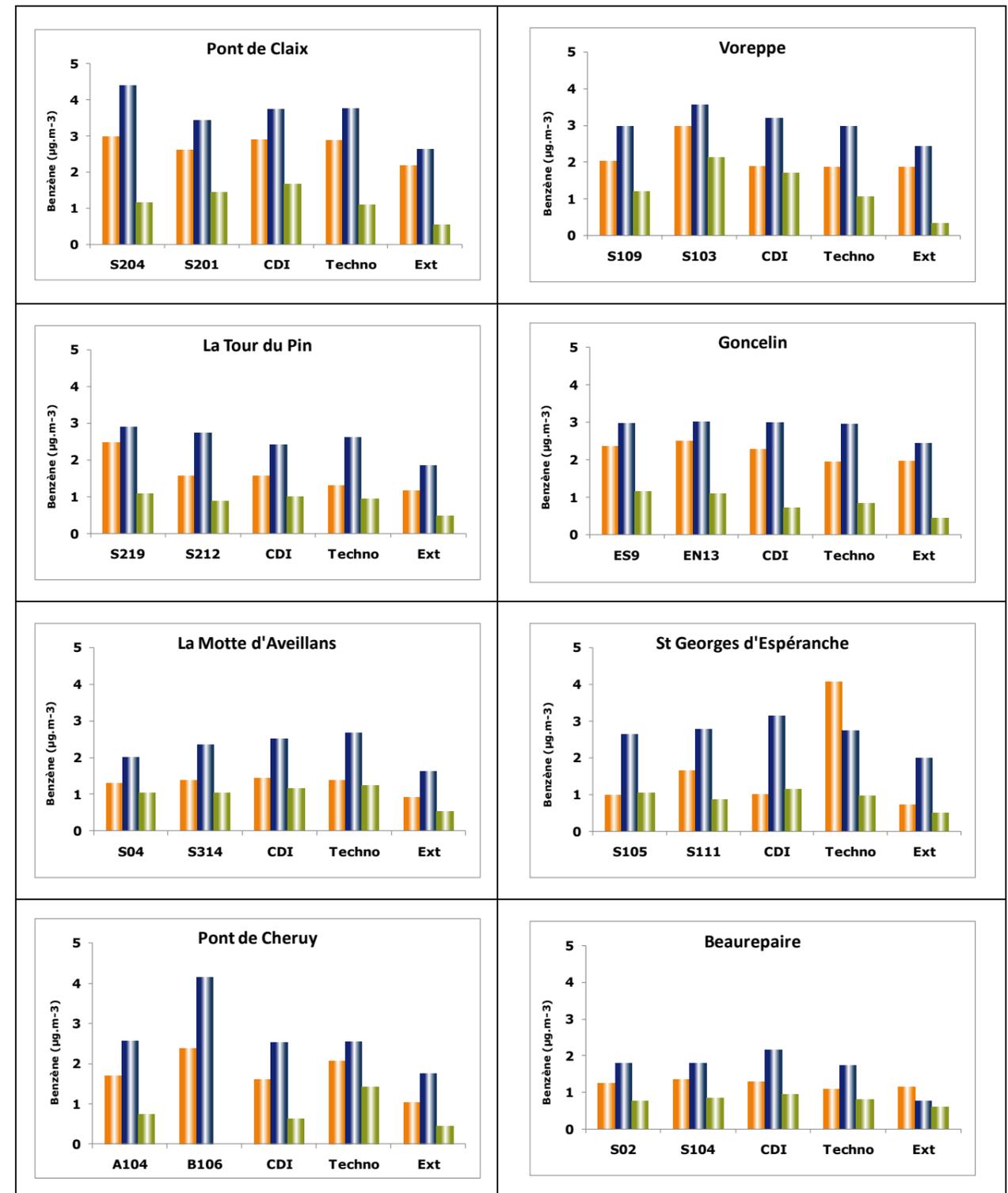


Figure 14 : Benzène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

Rappel des recommandations :

	Valeur cible	Valeur repère (2009)	Valeur d'action rapide	Bâtiments neufs en 2012
Benzène	2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2010 2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en 2015	10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

3. Le toluène :

Les concentrations intérieures sont supérieures aux niveaux mesurés à l'extérieur mais restent relativement peu élevées. Les concentrations sont assez homogènes au sein d'un même établissement.

Toluène (µg.m ⁻³)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	22,8	41,8	8,3	16,4
	S201	14,6	13,0	14,0	
	CDI	17,6	12,4	12,6	
	Techno	16,3	17,0	6,8	
	Ext	10,3	4,0	4,2	
Voreppe	S109	8,3	5,5	8,3	9,9
	S103	11,5	19,9	23,0	
	CDI	8,1	4,4	6,9	
	Techno	7,0	9,0	7,4	
	Ext	5,1	2,3	0,3	
La Tour du Pin	S219	11,7	10,8	10,0	5,9
	S212	5,0	5,5	5,1	
	CDI	3,8	3,3	2,7	
	Techno	5,1	4,5	3,2	
	Ext	2,7	1,9	1,2	
Goncelin	ES9	8,5	9,4	7,5	7,6
	EN13	13,3	15,3	5,1	
	CDI	6,5	4,9	4,4	
	Techno	8,5	4,8	2,5	
	Ext	3,6	6,4	1,1	
La Motte d'Aveillans	S04	19,2	7,6	17,2	10,3
	S314	17,8	6,4	7,3	
	CDI	8,9	5,7	6,9	
	Techno	8,5	7,4	10,3	
	Ext	1,7	1,5	0,9	
St Georges d'Espéranché	S105	13,5	13,8	15,9	15,3
	S111	17,2	18,2	9,5	
	CDI	8,3	7,2	13,4	
	Techno	49,1	10,3	7,0	
	Ext	0,9	1,9	0,8	
Pont de Cheruy	A104	4,9	8,9	0,9	11,4
	B106	27,9	37,4	-	
	CDI	2,5	10,2	1,5	
	Techno	10,0	16,9	4,1	
	Ext	1,4	2,1	0,7	
Beaurepaire	S02	13,3	10,4	6,8	6,0
	S104	6,9	5,1	9,6	
	CDI	2,5	4,0	3,2	
	Techno	2,4	2,3	5,8	
	Ext	2,3	0,7	0,9	

Tableau 13 : Toluène - récapitulatif des résultats.

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.

Plusieurs pointes peuvent être relevées en particulier à Pont de Claix, St Georges d'Espéranché et Pont de Cheruy.

Ces pointes peuvent être expliquées par l'utilisation, lors de la période de mesures, d'un produit d'entretien ou contenant du toluène.

Cette différence n'est pas observée pour le benzène dans la mesure où les produits d'entretien ne doivent pas en contenir.

Nous verrons dans le paragraphe suivant que les niveaux de xylènes présentent les mêmes caractéristiques.

L'OMS préconise de ne pas dépasser 260 µg.m⁻³ en moyenne hebdomadaire. Dans le cadre des collèges investigués, les concentrations sont très largement en dessous de ce seuil.

Campagne 1	Novembre	2009
Campagne 2	Décembre	2009
Campagne 3	Janvier	2010
	Février	2010
	Mai	2010
	Juin	2010

Toluène :
Des concentrations fortement dépendantes des sources intérieures et des produits d'entretien en particulier.

Rapport C _{int} / C _{ext}				
	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	1,7	5,2	2,5	3,2
Voreppe	1,7	4,2	32,7	12,9
La Tour du Pin	2,3	3,1	4,3	3,3
Goncelin	2,6	1,4	4,5	2,8
La Motte d'Aveillans	7,9	4,6	12,1	8,2
St Georges d'Espéranché	24,2	6,4	15,2	15,3
Pont de Cheruy	8,3	8,6	2,9	6,6
Beaurepaire	2,8	7,9	7,0	5,9

Tableau 14 : Toluène - Rapport C_{int} / C_{ext}

Toluène (µg.m⁻³)

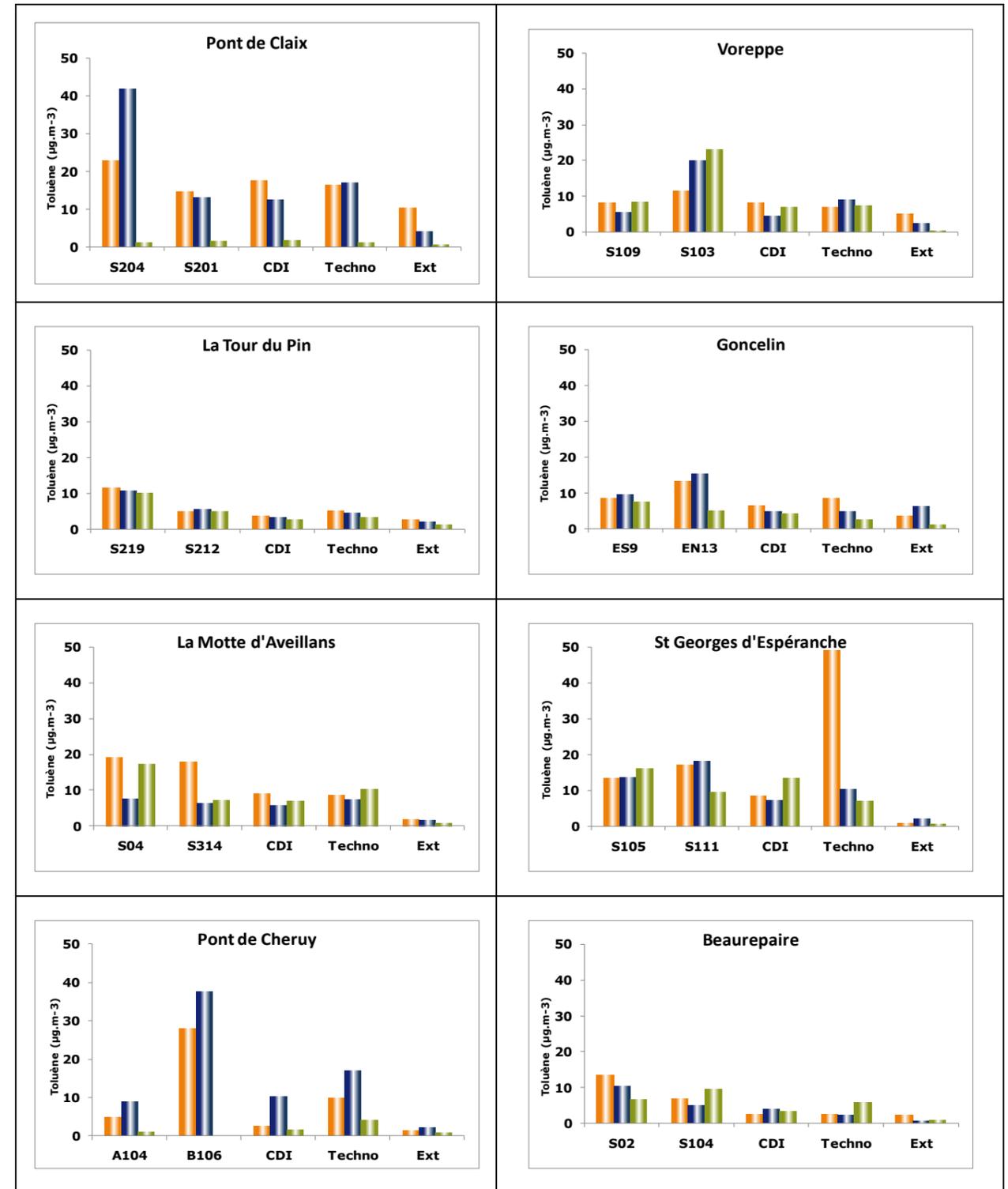


Figure 15 : Toluène - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

4. Les xylènes⁹ :

Les concentrations de xylènes suivent la même évolution que celles relevés pour le toluène dans l'ensemble des établissements.

On observe la même augmentation des concentrations dans la salle de technologie du collège de St Georges d'Espéranche.

Campagne 1	Novembre	2009
	Décembre	
Campagne 2	Janvier	2010
	Février	
Campagne 3	Mai	2010
	Juin	

Xylènes (µg.m ⁻³)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	13,5	9,8	6,0	8,9
	S201	10,4	6,6	11,0	
	CDI	10,3	6,3	9,2	
	Techno	11,0	6,9	6,3	
	Ext	5,7	2,5	3,2	
Voreppe	S109	8,7	4,7	4,2	7,5
	S103	9,9	10,2	16,4	
	CDI	11,2	3,8	5,2	
	Techno	7,3	4,6	3,5	
	Ext	4,2	1,9	0,3	
La Tour du Pin	S219	9,9	6,2	8,0	4,1
	S212	3,9	3,0	2,2	
	CDI	3,4	2,2	2,0	
	Techno	3,0	3,2	2,8	
	Ext	1,3	1,1	1,0	
Goncelin	ES9	6,0	5,4	4,5	5,2
	EN13	8,0	6,7	5,8	
	CDI	6,8	4,0	4,8	
	Techno	4,2	3,6	2,5	
	Ext	3,2	3,9	1,2	
La Motte d'Aveillans	S04	13,6	13,1	13,1	7,2
	S314	6,4	3,5	5,0	
	CDI	7,0	4,2	7,3	
	Techno	5,2	4,7	4,0	
	Ext	1,5	0,9	0,9	
St Georges d'Espéranche	S105	7,9	7,9	11,3	18,6
	S111	19,4	9,3	11,3	
	CDI	23,8	5,4	6,4	
	Techno	80,4	9,6	30,2	
	Ext	0,9	1,4	1,7	
Pont de Cheruy	A104	5,0	3,9	3,7	6,3
	B106	12,6	14,3	0,0	
	CDI	3,9	3,9	2,9	
	Techno	8,2	5,6	11,2	
	Ext	1,0	1,5	1,3	
Beaurepaire	S02	3,9	3,5	5,5	4,7
	S104	4,0	3,4	8,9	
	CDI	3,3	4,2	6,7	
	Techno	2,7	2,2	8,1	
	Ext	2,0	0,7	3,6	

Les concentrations mesurées dans les différentes salles d'un même établissement sont assez homogènes entre elle, sauf dans la salle de technologie du collège de Saint Georges d'Espéranche qui présente à deux reprises des niveaux nettement plus élevés. L'utilisation de produits contenant du xylène peut expliquer ces pics.

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

Rapport C_{int} / C_{ext}

	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	2,0	3,0	2,6	2,5
Voreppe	2,2	3,1	27,2	10,9
La Tour du Pin	3,8	3,5	3,7	3,6
Goncelin	2,0	1,2	3,7	2,3
La Motte d'Aveillans	5,2	6,8	8,3	6,8
St Georges d'Espéranche	34,7	5,9	8,5	16,4
Pont de Cheruy	7,1	4,6	3,4	5,0
Beaurepaire	1,7	4,9	2,0	2,9

Tableau 16 : Xylènes - Rapport C_{int} / C_{ext}

Les taux de pénétration sont du même ordre de grandeur que ceux relatifs au toluène et les niveaux extérieurs sont très faibles, ce qui met bien en évidence l'origine intérieure de ce polluant.

Xylènes (µg.m⁻³)

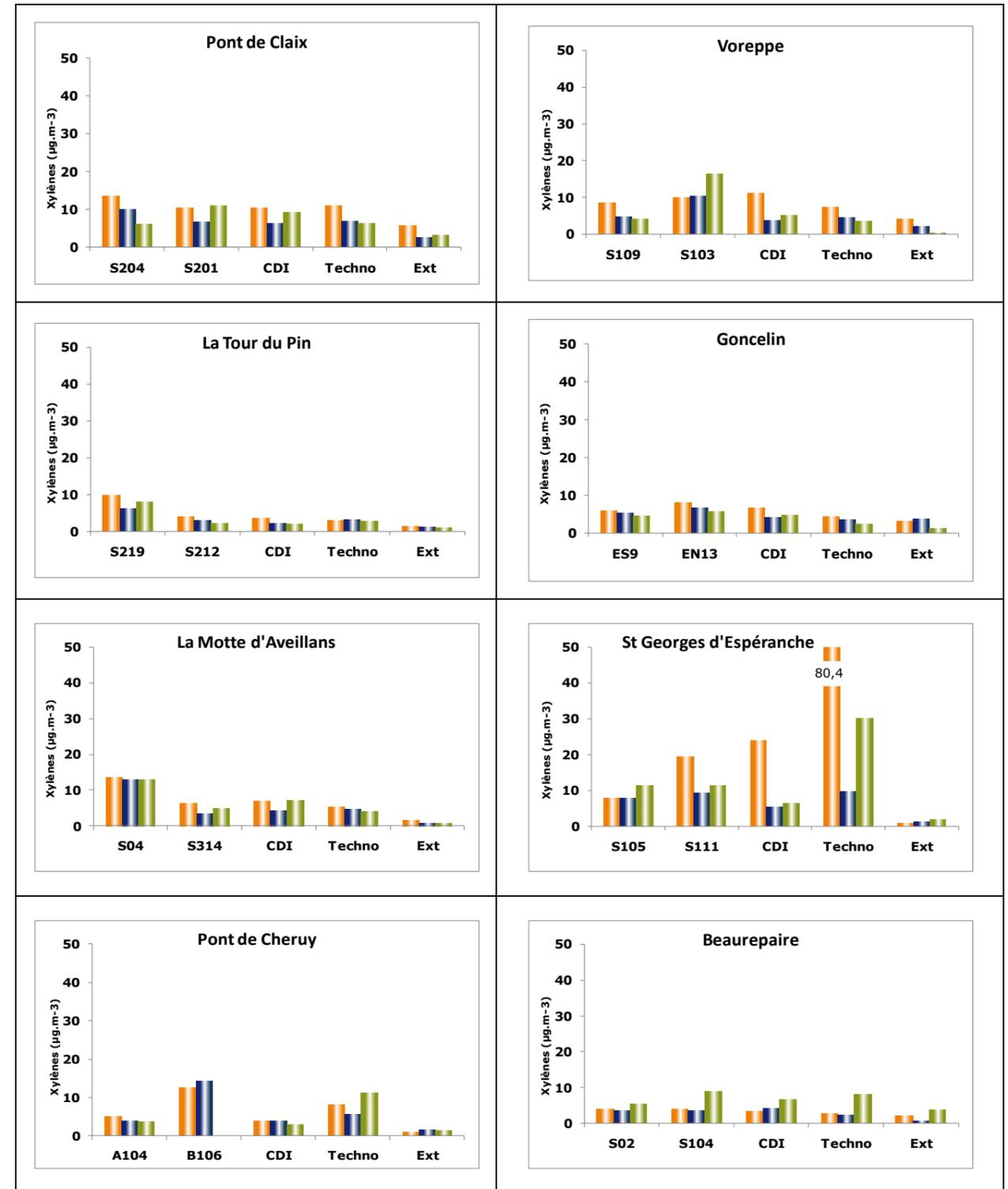


Figure 16 : Xylènes (Ortho, Méta, Para) - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

⁹ 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.

Formaldéhyde ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	22,3	16,0	23,9	20,2
	S201	20,0	13,3	22,5	
	CDI	18,9	12,4	21,5	
	Techno	26,0	20,5	25,3	
	Ext	3,4	2,5	15,9	
Voreppe	S109	31,6	22,6	17,5	25,6
	S103	14,6	12,1	14,7	
	CDI	46,6	11,1	37,7	
	Techno	45,7	23,3	30,3	
	Ext	3,5	2,5	1,1	
La Tour du Pin	S219	12,0	8,3	17,9	14,9
	S212	11,7	7,8	15,5	
	CDI	18,6	13,3	27,4	
	Techno	12,5	8,4	25,4	
	Ext	1,6	2,3	2,2	
Goncelin	ES9	15,9	9,9	22,7	19,9
	EN13	28,2	16,1	39,1	
	CDI	21,7	10,0	22,1	
	Techno	14,5	12,8	25,4	
	Ext	1,8	2,7	2,0	
La Motte d'Aveillans	S04	16,1	10,0	16,5	16,8
	S314	18,1	13,9	17,4	
	CDI	20,0	12,5	24,8	
	Techno	16,5	9,9	26,0	
	Ext	1,6	2,2	2,3	
St Georges d'Espérance	S105	12,1	9,1	20,1	17,5
	S111	20,4	10,2	13,8	
	CDI	13,1	9,8	27,9	
	Techno	39,1	14,5	19,8	
	Ext	1,6	3,4	2,1	
Pont de Chery	A104	6,1	8,1	9,0	10,0
	B106	10,9	12,4	4,1	
	CDI	4,8	8,0	7,3	
	Techno	12,7	11,3	25,1	
	Ext	3,5	4,5	1,9	
Beaurepaire	S02	5,1	4,5	10,3	11,7
	S104	5,6	5,7	9,1	
	CDI	22,2	16,0	31,9	
	Techno	5,1	4,1	20,7	
	Ext	1,7	2,4	3,2	

Tableau 17 : Formaldéhyde - récapitulatif des résultats.

Les salles de CDI et de technologie présentent les niveaux les plus élevés. Les moyennes toutes données confondues sont les suivantes :

- CDI : $19,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Salles de technologie : $19,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- Salles de classe : $14,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

La valeur d'information et recommandation ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) proposée par le HCSP n'est jamais dépassée dans les collèges étudiés. Le CDI et la salle de technologie du collège de Voreppe s'approchent toutefois de cette valeur lors de deux campagnes de mesures. La valeur repère 2009 ($28 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et la valeur guide ($10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont atteintes ou dépassées dans chaque établissement.

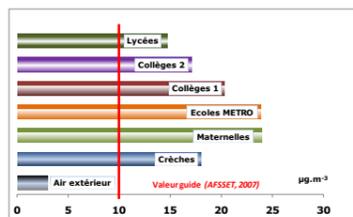
Rapport C_{int} / C_{ext}

	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	6,3	6,1	1,5	4,6
Voreppe	9,9	7,0	22,0	13,0
La Tour du Pin	8,4	4,1	9,6	7,4
Goncelin	11,3	4,5	13,9	9,9
La Motte d'Aveillans	10,8	5,3	9,4	8,5
St Georges d'Espérance	13,3	3,3	9,5	8,7
Pont de Chery	2,5	2,2	6,1	3,6
Beaurepaire	5,7	3,1	5,6	4,8

Tableau 18 : Formaldéhyde Rapport C_{int} / C_{ext}

Les rapports C_{int} / C_{ext} sont très élevés et mettent bien en évidence l'origine interne du formaldéhyde. Ils sont nettement moins élevés en période froide (C2), ce qui confirme l'influence de la température sur les émissions de ce composé.

Comparaison aux autres études :



17 : Formaldéhyde - résultats des études Rhône - Alpines.

Plusieurs études concernant le suivi du formaldéhyde dans les établissements recevant des enfants (crèches, écoles maternelles et primaires, collèges) ont déjà été réalisées par les AASQA de la région Rhône-Alpes^{c,d,e}. Les niveaux relevés dans les collèges sont légèrement inférieurs aux niveaux relevés dans les écoles et crèches investiguées dans le cadre de ces études. La décroissance des concentrations en fonction du degré d'enseignement (écoles maternelles, primaires, collèges, lycées)

pourrait être expliquée par une moindre présence de composés susceptibles d'émettre des aldéhydes tels que livres, colles, matériaux d'activités manuelles dans les classes les plus élevées.

Campagne 1	Novembre Décembre	2009
Campagne 2	Janvier Février	2010
Campagne 3	Mai Juin	2010

**Formaldéhyde :
Des valeurs
intérieures
élevées.**

**La valeur
d'information
et de
recommandation
n'est jamais
atteinte.
La valeur repère
et la valeur
guide (HCSP)
sont atteintes ou
dépassées dans
tous les
établissements.**

Formaldéhyde ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

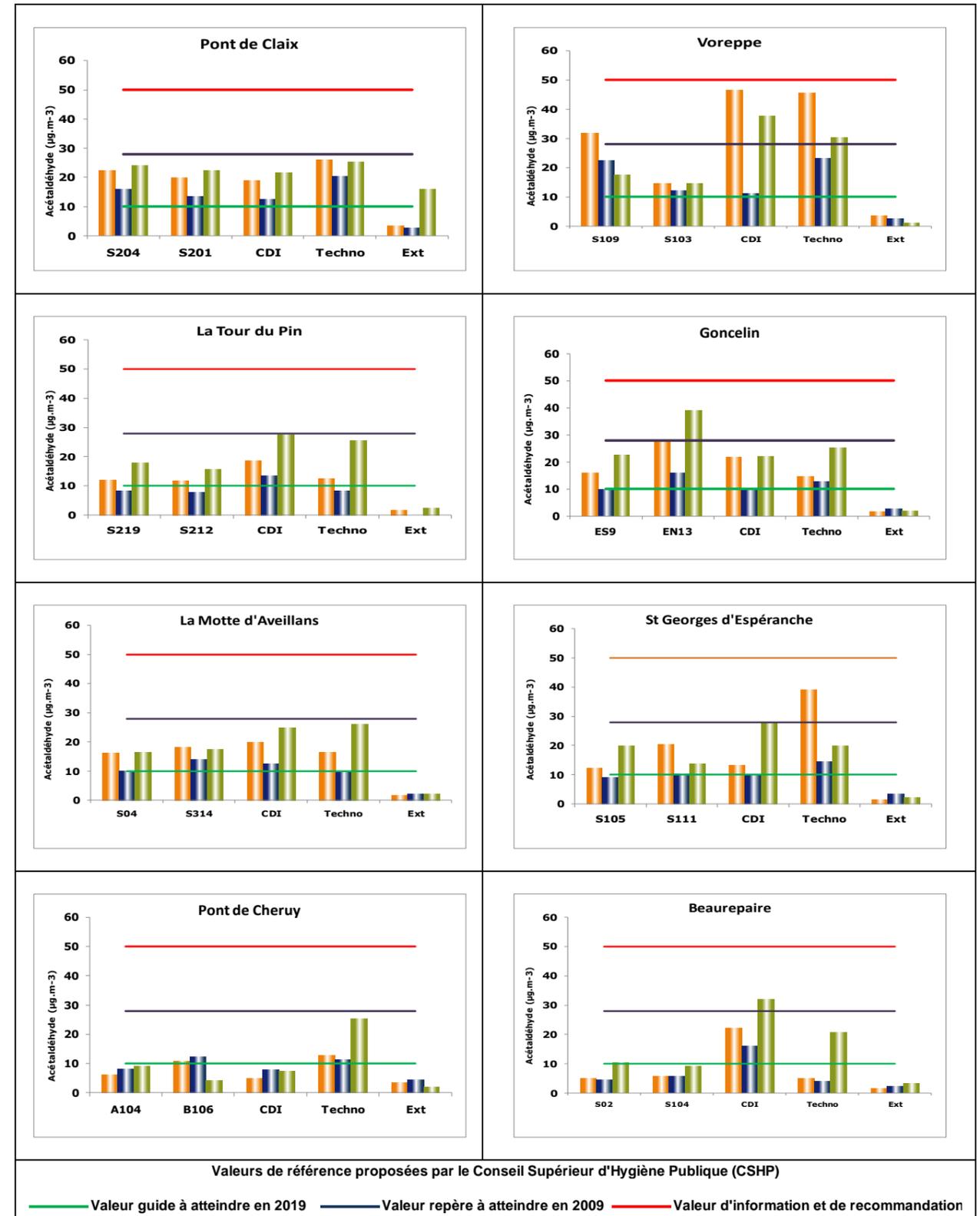


Figure 18 : Formaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

6. Acétaldéhyde :

Les mesures de l'acétaldéhyde suivent les mêmes variations que celles du formaldéhyde

Acétaldéhyde ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)		C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	S204	7,2	5,4	6,9	5,9
	S201	4,8	5,6	5,5	
	CDI	6,4	6,9	7,1	
	Techno	4,9	6,4	4,0	
	Ext	1,9	1,7	4,6	
Voreppe	S109	5,9	6,8	4,2	5,3
	S103	3,3	4,0	4,1	
	CDI	7,1	3,8	10,6	
	Techno	5,7	5,0	3,1	
	Ext	2,5	3,0	0,6	
La Tour du Pin	S219	3,7	4,3	4,4	3,7
	S212	3,7	3,7	3,8	
	CDI	2,7	4,8	4,6	
	Techno	2,4	3,1	3,0	
	Ext	1,3	1,5	1,3	
Goncelin	ES9	6,7	6,3	8,6	7,6
	EN13	13,1	10,1	17,3	
	CDI	5,4	4,3	5,4	
	Techno	2,6	8,1	2,9	
	Ext	1,3	1,8	0,9	
La Motte d'Aveillans	S04	5,8	6,3	7,7	6,5
	S314	6,1	5,5	7,0	
	CDI	6,1	5,7	10,3	
	Techno	5,8	5,8	5,7	
	Ext	2,0	2,8	1,0	
St Georges d'Espérance	S105	3,1	4,2	5,8	4,8
	S111	5,9	4,1	4,9	
	CDI	3,4	4,3	6,8	
	Techno	8,1	3,5	3,8	
	Ext	0,9	1,3	1,4	
Pont de Cheruy	A104	2,4	4,9	2,5	3,4
	B106	3,5	5,4	1,7	
	CDI	2,0	5,1	2,7	
	Techno	3,0	4,3	3,6	
	Ext	1,0	2,1	1,1	
Beaurepaire	S02	2,1	3,4	3,2	3,6
	S104	2,4	3,9	3,0	
	CDI	3,8	5,6	5,6	
	Techno	2,4	2,9	4,4	
	Ext	1,5	1,4	1,3	

Tableau 19 : Acétaldéhyde - récapitulatif des résultats.

Les pointes de pollution relevées à Voreppe au CDI et dans la salle de technologie ainsi que celle mesurée à Goncelin en salle de classe (EN13) sont bien simultanées et confirment donc la présence d'une source durant ces périodes (travaux d'entretien par exemple).

Campagne 1	Novembre	2009
Campagne 2	Décembre	2009
	Janvier	2010
	Février	2010
Campagne 3	Mai	2010
	Juin	2010

Acétaldéhyde :

Une évolution identique au formaldéhyde.

Rapport C_{int} / C_{ext}

	C1	C2	C3	Moyenne
Pont de Claix	3,1	3,5	1,3	2,6
Voreppe	2,2	1,6	8,6	4,1
La Tour du Pin	2,4	2,6	3,1	2,7
Goncelin	5,2	3,9	10,0	6,4
La Motte d'Aveillans	2,9	2,1	7,4	4,1
St Georges d'Espérance	6,0	3,0	3,9	4,3
Pont de Cheruy	2,7	2,3	2,4	2,5
Beaurepaire	1,8	2,9	3,1	2,6

Tableau 20 : Acétaldéhyde Rapport C_{int} / C_{ext}

Les taux de pénétration, bien que moins élevés que ceux relatifs au formaldéhyde confirment l'origine interne de cette famille de composés (aldéhydes).

Acétaldéhyde ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

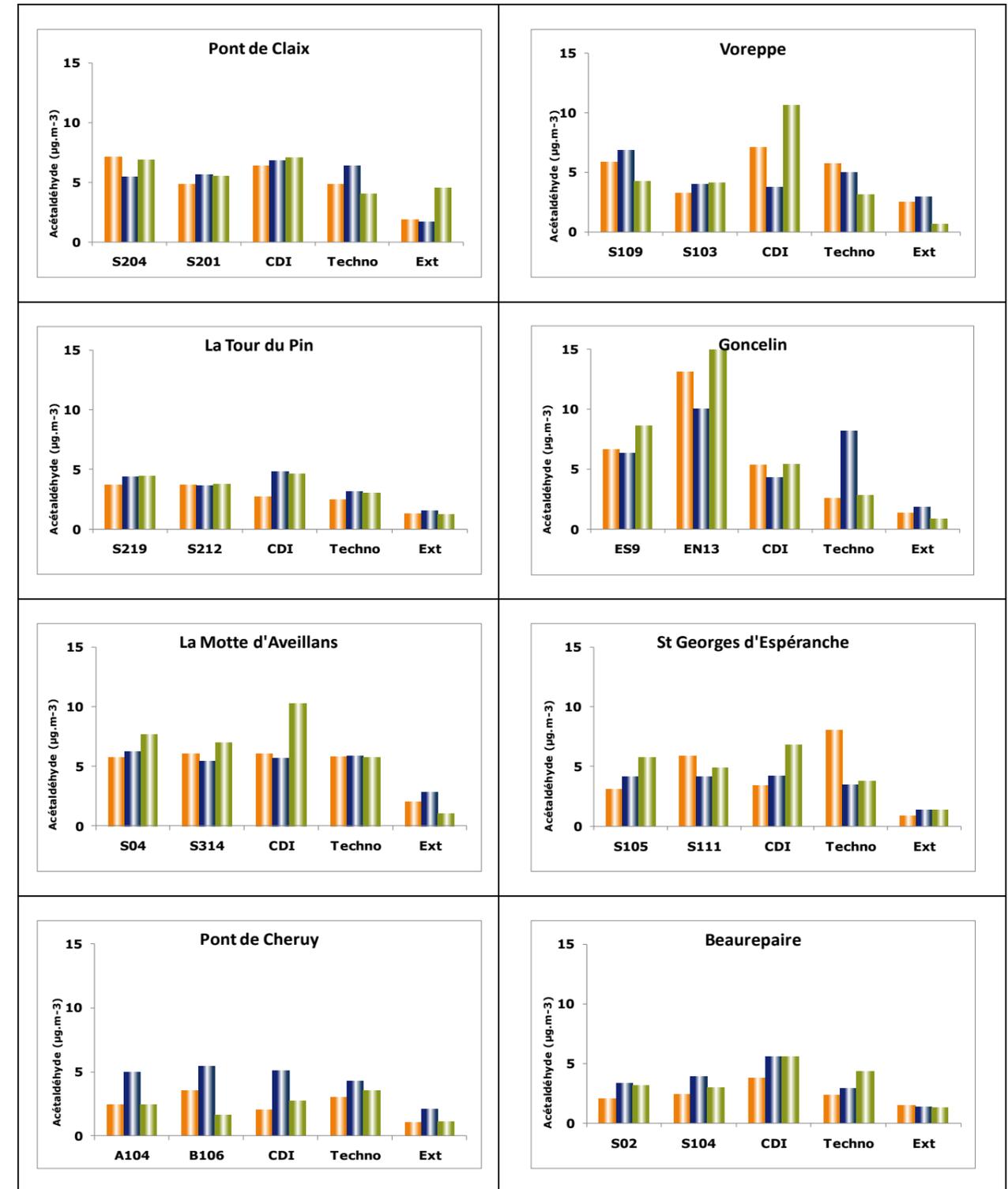


Figure 19 : Acétaldéhyde - Concentrations moyennes sur 4,5 jours dans les classes en fonction de la saison.

7. Aspects par établissements :

Hormis le dioxyde d'azote, les concentrations de polluants 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.

	Pont de Claix	Goncelin	Pont de Cheruy	Voreppe
Dioxyde d'azote	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique
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,
Aldéhydes	Valeur repère 2009 respectée. Attention à la valeur guide à atteindre en 2019.	La valeur repère 2009 est dépassée au moins une fois.	Pas de valeurs de référence dépassées.	La valeur repère 2009 est dépassée au CDI et en salle de technologie.

	La Motte d'Aveillans	Beaurepaire	La Tour du Pin	St Georges d'Espéranche
Dioxyde d'azote	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique	Pas de risque spécifique
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,
Aldéhydes	Pas de valeurs de référence dépassées.	La valeur repère 2009 est dépassée au moins une fois.	Pas de valeurs repère dépassées.	La valeur repère 2009 est dépassée au moins une fois.

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

La mesure des polluants ne met pas en évidence de niveaux de concentrations nécessitant une intervention rapide telle que proposée par le HCSP. En l'état actuel des différentes recommandations formulées par le HCSP et l'AFSSET, seul le formaldéhyde présente des concentrations élevées :

- La valeur repère à atteindre en 2009 ($28 \mu\text{g.m}^{-3}$) est dépassée dans 4 établissements.
- La valeur guide à atteindre en 2019 ($10 \mu\text{g.m}^{-3}$) est dépassée dans l'ensemble des établissements.

La crainte de l'influence possible des émissions d'une cheminée située à proximité de salles de classes que nous avons soulevée lors de la visite initiale aux collèges de La Tour du Pin et de La Motte d'Aveillans n'est pas confirmée par la mesure du NO_2 . En effet, les concentrations relevées dans les différentes classes sont homogènes au sein du collège concerné et ne semblent donc pas influencées par une source située à proximité.

De la même façon, 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 (Pont de Chérui).

4. Conclusion :

1. Les visites :

Elles ont consisté à recenser les problèmes potentiels pouvant influencer la qualité de l'air intérieur et à sensibiliser le personnel enseignant et administratif des collèges à une meilleure prise en compte de leur environnement.

Le dysfonctionnement des systèmes de renouvellement d'air est l'élément majeur mis en évidence lors de ces visites.

2. Taux de renouvellement d'air et CO₂ :

La principale observation concerne les niveaux de CO₂ qui présentent des valeurs relativement élevées dès que les élèves pénètrent dans la salle de classe. La valeur de 1000 ppm, indicatrice d'un confinement de l'air de la pièce investiguée, est fréquemment dépassée. Ces niveaux sont fortement liés à un mauvais taux de renouvellement d'air dans les salles de classe.

Pour les établissements ne disposant pas de système actif d'extraction d'air (VMC), le calfeutrement du bâtiment (mise en place de fenêtres étanches) est principalement à l'origine du défaut constaté. Pour les établissements disposant d'un tel dispositif, le rajout d'équipement sans prise en compte du système existant, l'absence d'entrée d'air ou un dysfonctionnement du système utilisé peuvent être à l'origine des faibles taux de renouvellement d'air.

L'ensemble des études menées en Rhône-Alpes montre que quelque soit le système de renouvellement d'air utilisé, l'aération des salles reste un complément indispensable à une bonne qualité de l'air à l'intérieur. Si l'ouverture des fenêtres semble difficile à réaliser pour certaines classes (risque de chute des élèves, vol, dégradation ...), une adaptation des ouvrants peut être envisagée lors des aménagements à venir.

3. Les mesures de polluants :

Les résultats montrent que lorsque les niveaux mesurés à l'extérieur sont élevés, ils peuvent influencer sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. 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 de concentration 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 (matériaux, mobilier, livres ...) et à l'utilisation de produits d'entretien en contenant.

Les valeurs de référence retenues dans ce rapport pour le benzène et le formaldéhyde sont des propositions d'organismes (HCSP, AFSSET) et ne font donc pas encore l'objet d'une réglementation. Des études complémentaires auxquelles participe ASCOPARG sont en cours pour en définir les modalités précises d'application.

Les techniques et principes de mesures utilisés lors de ces deux études étant basés sur les mêmes principes que ceux prévus dans le cadre de la réglementation, il est possible d'extrapoler les résultats obtenus afin de déterminer la situation des établissements investigués vis-à-vis des propositions les plus récentes :

- Pour le benzène, l'ensemble des établissements investigués respectent la valeur repère 2010 du HCSP ($5\mu\text{g.m}^{-3}$). La valeur cible préconisée pour 2015 ($2\mu\text{g.m}^{-3}$) est quant à elle dépassée dans l'ensemble des collèges.
- Pour le formaldéhyde, 4 établissements dépassent la valeur repère 2010 ($30\mu\text{g.m}^{-3}$) et devront faire l'objet d'investigations plus poussées afin de déterminer l'origine des polluants.

4. Conclusion

Cette deuxième campagne d'investigation dans les collèges du département de l'Isère confirme les résultats obtenus dans les 8 premiers collèges étudiés et met en évidence le même type de facteurs susceptibles d'influencer l'atmosphère intérieure des collèges.

Bien qu'elles ne concernent que 16 établissements et ne soient donc pas le reflet exhaustif de l'ensemble des collèges du département, les deux études réalisées ont permis de mettre en évidence plusieurs paramètres pouvant être à l'origine de la dégradation de la qualité de l'air à l'intérieur des établissements recevant de jeunes publics.

Il apparaît notamment primordial pour les gestionnaires de bâtiment de bien connaître les enjeux liés à la qualité de l'air afin de maîtriser tous les paramètres susceptibles d'améliorer ou de dégrader l'atmosphère intérieure (ventilation, modification de bâtiments, rénovations, travaux, entretien ...).

Cette étude montre aussi l'intérêt de l'approche choisie (visite préalable + mesure des polluants). En effet, alors que certaines paramètres pouvaient laisser craindre une influence sur la qualité de l'air à l'intérieur des salles de classe (cheminée à proximité, présence massive de bois), les résultats de mesures ne confirment pas ces craintes. Par contre, les visites ont permis de mettre en évidence les dysfonctionnements des systèmes de renouvellement d'air et souvent d'en déterminer l'origine. De plus, elles ont permis de sensibiliser le personnel des collèges à cette problématique puisque pour plusieurs établissements, le système a été remis en fonctionnement entre la visite initiale et les campagnes de mesures.

5. Quelques suggestions et recommandations :

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

Les fiches écol'air¹⁰ 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 "référent 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.

¹⁰ 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.

Résultats des investigations par collèges

Mesures effectuées dans 4 salles de classes dans chaque établissement
(2 salles de cours – CDI – 1 salle de technologie)

	Risque potentiel mais non observé
	Pas de risque identifié
	Respect des recommandations et normes. D'autres polluants peuvent être présents
	Élève pouvant être concerné sous certaines conditions ou certaines personnes.
	Qualité de l'air pouvant présenter une gêne ou un risque pour la santé
	Qualité de l'air présentant en gêne ou un risque réel.

	Pont de Claix	Goncelin	Pont de Chery	Voreppe	La Motte d'Aveillans	Beaurepaire	La Tour du Pin	St Georges d'Espéranche
Environnement extérieur								
Ventilation								
Matériaux de construction								
Aspects généraux								
Divers								
Renouvellement d'air - CO₂								
Me								
s								
u								
r								
e								
s								
Conclusions								

Tableau 21 : Récapitulatif des résultats par établissement.

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** Diagnostic Qualité de l'Air Intérieur dans 8 collèges du département de l'Isère – Etude de faisabilité – Décembre 2009 – ASCOPARG
- f** 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.*
- g** Campagne de mesures du formaldéhyde dans les établissements scolaires et petite enfance de la ville de Strasbourg – Juillet 2005 – www.atmo-alsace.net.
- h** Valeurs guide AFSSET
- i** Bilan de la qualité de l'air dans 10 écoles de la région parisienne - A. M. Laurent - LHVP - Journée RSEIN - Juillet 2005
- j** 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.
- k** 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
- l** 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.

6. Annexes

Annexe 1 : Tableau : renouvellement d'air dans les salles de classe.

Annexe 2 : Taux de renouvellement d'air dans les collèges.

Annexe 3 : % du temps de dépassement de la valeur 1000 ppm dans les collèges.

Annexe 1

Règlement Sanitaire Départemental 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

Annexe 2

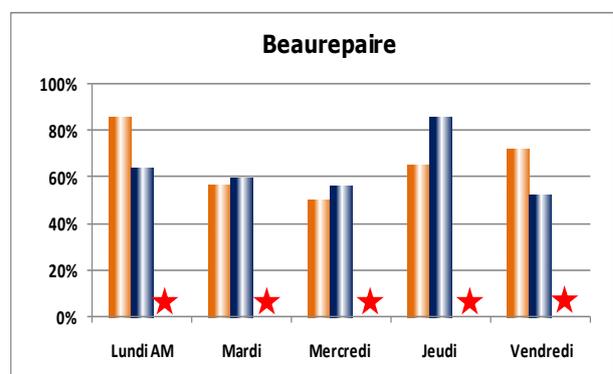
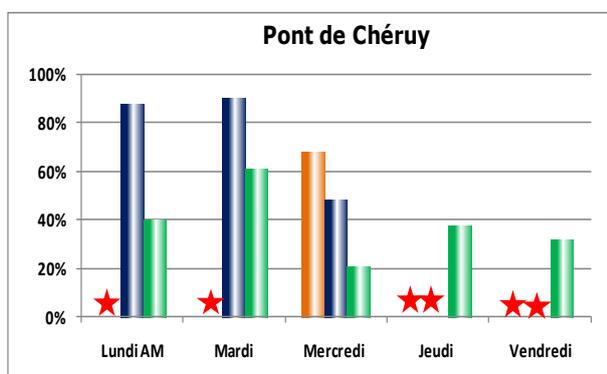
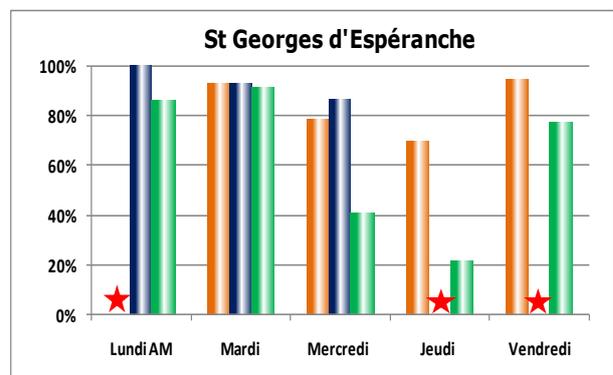
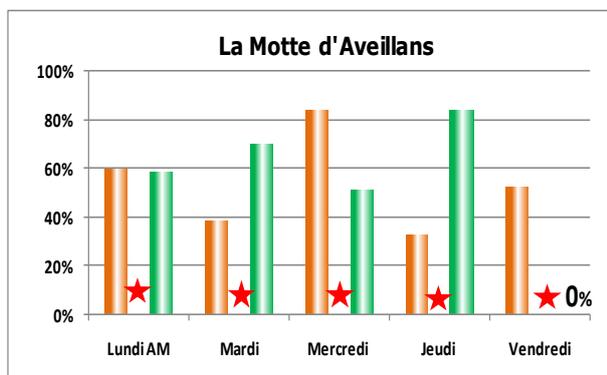
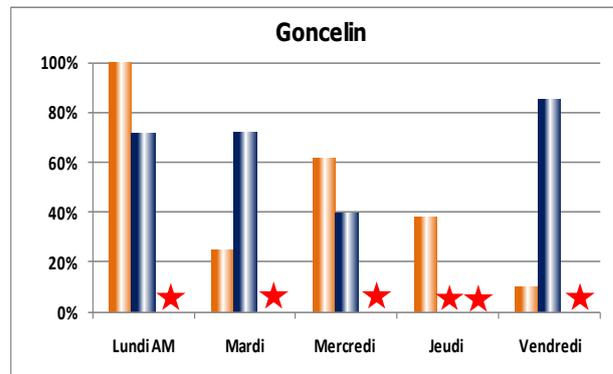
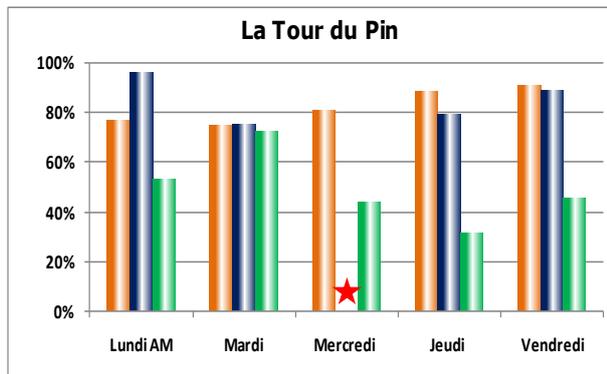
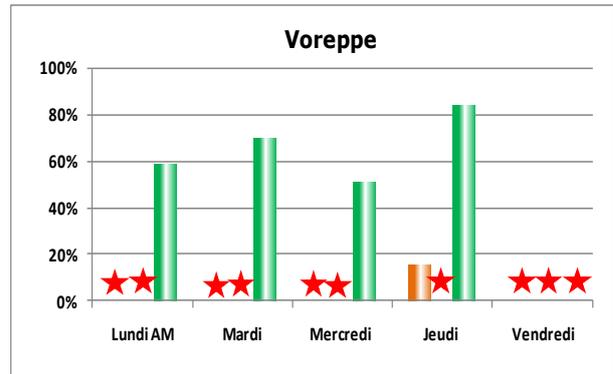
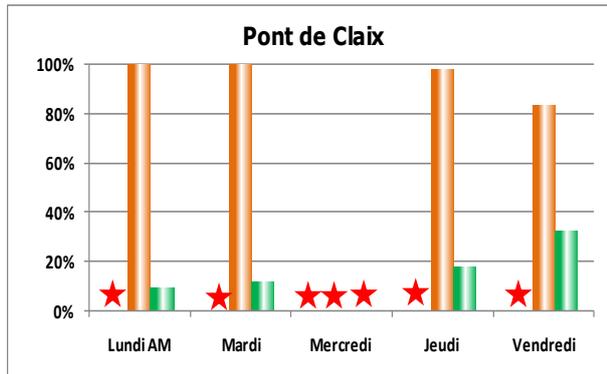
Taux de renouvellement d'air dans les collèges étudiés

Taux de renouvellement d'air (Volume / heure)									
Etablissement / Campagne	Valeur ponctuelle	Moyenne / campagne	Moyenne établissement	Etablissement / Campagne	Valeur ponctuelle	Moyenne / campagne	Moyenne établissement		
Beaurepaire_C1	0,92	1,76	1,51	St-Georges-Esp_C1	0,54	0,39	0,39		
Beaurepaire_C1	1,82			St-Georges-Esp_C1	3,11				
Beaurepaire_C1	1,42			St-Georges-Esp_C1	0,16				
Beaurepaire_C1	1,34			St-Georges-Esp_C1	0,72				
Beaurepaire_C1	1,03			St-Georges-Esp_C1	19,83				
Beaurepaire_C1	2,56			St-Georges-Esp_C1	6,20				
Beaurepaire_C1	1,07			St-Georges-Esp_C1	0,14				
Beaurepaire_C1	3,92	St-Georges-Esp_C1		6,04					
Beaurepaire_C2	9,62	1,77		St-Georges-Esp_C2	0,29	0,48		0,39	
Beaurepaire_C2	1,63			St-Georges-Esp_C2	1,14				
Beaurepaire_C2	1,54			St-Georges-Esp_C2	0,67				
Beaurepaire_C2	2,77			St-Georges-Esp_C2	0,32				
Beaurepaire_C2	1,87			St-Georges-Esp_C2	0,16				
Beaurepaire_C2	2,14			St-Georges-Esp_C2	0,46				
Beaurepaire_C2	1,81		St-Georges-Esp_C2	0,44					
Beaurepaire_C2	0,91		St-Georges-Esp_C2	0,61					
Beaurepaire_C2	1,47	St-Georges-Esp_C2	0,22						
Beaurepaire_C3	1,24	1,01	St-Georges-Esp_C3	0,19	0,29	0,39			
Beaurepaire_C3	0,77		St-Georges-Esp_C3	1,65					
Pt-Claix_C1	0,04	0,17	St-Georges-Esp_C3	0,31			0,29		0,39
Pt-Claix_C1	0,05		St-Georges-Esp_C3	1,48					
Pt-Claix_C1	0,41		St-Georges-Esp_C3	0,16					
Pt-Claix_C1	2,46		St-Georges-Esp_C3	0,51					
Pt-Claix_C2	0,06	0,07	Tour-Pin_C1	0,25	0,32		0,32		
Pt-Claix_C2	0,10		Tour-Pin_C1	0,28					
Pt-Claix_C2	0,06		Tour-Pin_C1	0,29					
Pt-Claix_C2	0,05		Tour-Pin_C1	0,33					
Pt-Claix_C2	1,35		Tour-Pin_C1	0,48					
Pt-Claix_C3	0,03	0,11	Tour-pin_C2	0,20	0,31			0,32	
Pt-Claix_C3	0,03		Tour-pin_C2	0,34					
Pt-Claix_C3	0,05		Tour-pin_C2	0,30					
Pt-Claix_C3	0,33		Tour-pin_C2	0,30					
Pt-Claix_C3	2,63		Tour-pin_C2	0,40					
Motte-Aveillans_C1	0,04	2,09	Tour-Pin_C3	0,25	0,33	0,78			
Motte-Aveillans_C1	1,44		Tour-Pin_C3	0,22					
Motte-Aveillans_C1	2,05		Tour-Pin_C3	0,59					
Motte-Aveillans_C1	2,63		Tour-Pin_C3	0,27					
Motte-Aveillans_C1	2,23		Pt-Cheruy_C1	1,01					
Motte-Aveillans_C3	0,04	2,00	Pt-Cheruy_C1	0,25	0,93		0,78		
Motte-Aveillans_C3	0,03		Pt-Cheruy_C1	1,10					
Motte-Aveillans_C3	1,94		Pt-Cheruy_C1	0,69					
Motte-Aveillans_C3	2,48		Pt-Cheruy_C1	0,16					
Motte-Aveillans_C3	2,49		Pt-Cheruy_C1	0,32					
Motte-Aveillans_C3	1,12		Pt-Cheruy_C2	0,32					
Goncelin_C1	0,32	0,48	Pt-Cheruy_C2	1,68	0,38			0,78	
Goncelin_C1	0,87		Pt-Cheruy_C2	0,44					
Goncelin_C1	0,28		Pt-Cheruy_C3	0,58					
Goncelin_C1	0,93		Pt-Cheruy_C3	1,33					
Goncelin_C1	0,25		Pt-Cheruy_C3	1,17					
Goncelin_C1	0,23		Pt-Cheruy_C3	2,25					
Goncelin_C2	0,42	0,84	Pt-Cheruy_C3	1,07	1,04	0,78			
Goncelin_C2	0,42		Voreppe_C3	0,21					
Goncelin_C2	1,18		Voreppe_C3	0,29					
Goncelin_C2	0,20		Voreppe_C3	0,30					
Goncelin_C2	1,95		Voreppe_C3	0,19					

En rouge : ces données ne sont pas prises en compte dans le calcul des moyennes car trop différentes des autres dans la série considérée.

Annexe 3

CO₂ : % de temps de dépassement de la valeur 1000 ppm



★ : Salle inoccupée ou donnée manquante

Campagne 1	Novembre Décembre	2009
Campagne 2	Janvier Février	2010
Campagne 3	Mai Juin	2010