



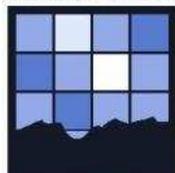
Qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches.

Aération et taux de CO₂



Utilisation d'un détecteur de CO₂ pour sensibiliser les enseignants à l'aération des salles de classe.

ASCOPARG



Février 2010

ASCOPARG fait partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Sa mission s'exerce 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'organisme non lucratif du réseau, ASCOPARG est garant de la transparence de l'information sur le résultat de ses 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 de l'association. Elles ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.
3. Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en terme de
« ASCOPARG (2008) *Diagnostic de qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires du territoire de la METRO. Partenariat Qualité de l'Air dans les établissements scolaires avec Grenoble Alpes Métropole* ».
4. ASCOPARG n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Sommaire

1. Contexte et objectifs.	3
2. Méthodologie.....	4
2.1. Principe du suivi :	4
2.2. Déroulement pratique :.....	4
2.3. Les établissements concernés :.....	5
3. Résultats	6
3.1. Déroulement type d'une journée de classe :	6
3.2. Résultats moyens par établissements :	7
3.3. Influence de la température extérieure sur les niveaux de CO ₂ :	8
3.4. Temps d'exposition à des valeurs > 1000 ppm :	9
3.5. Comparaison aux données recueillies lors de l'étude précédente.	10
4. Conclusion :	10

Figures

Figure 1 : CO ₂ et test de performance (Myhrvold, 1996).....	4
Figure 2 : Détecteur de CO ₂ Luftampel®	4
Figure 3 : Evolution des niveaux de CO ₂ au cours de la journée.....	6
Figure 4 : CO ₂ : Résultats moyens par établissements.....	7
Figure 5 : Résultats moyens par établissements	8
Figure 6 : CO ₂ : % du temps de dépassement de la valeur 1000 ppm.	9
Figure 7 : % du temps de dépassement de la valeur 1000 ppm en fonction du niveau d'information des enseignants.	10

1. Contexte et objectifs.

Les résultats obtenus lors des investigations que nous avons effectuées dans plusieurs établissements scolaires (crèches¹, écoles^{1,2}, Collèges³ et lycées⁴) mettent en évidence des taux de polluants (aldéhydes en particulier) souvent supérieurs à ceux mesurés à l'extérieur. Un facteur important de cette présence de polluant est lié au manque de renouvellement d'air dans les salles de classe.

Le défaut de fonctionnement (voire même l'absence) du système de renouvellement d'air permanent que l'on retrouve très fréquemment dans les établissements scolaires ne justifie pas à lui seul cette accumulation de polluants qui est aussi liée au fait que la plupart des occupants n'aère pas régulièrement les classes (ouverture des fenêtres) souvent par manque d'information claire (aération / économies d'énergie / risques de chute).

Afin de sensibiliser les enseignants, les élèves et les personnes en charge de l'entretien des bâtiments scolaires, à l'importance de l'aération des salles de classe et dans l'attente de la réalisation de travaux de mise en conformité des systèmes de renouvellement d'air dans les écoles que nous avons déjà visitées², nous avons proposé à la Communauté d'Agglomération Grenobloise (La METRO) de tester une méthode incitant les enseignants à aérer les salles de classe quand les niveaux de CO₂ dépassaient un seuil prédéfini.

Cette approche correspond bien à celle de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) qui souhaite développer des outils simples et peu coûteux, utilisables par tous et qui permettraient de connaître l'état de la pollution de l'air dans les lieux de vie clos⁵. Le projet de Plan National Santé Environnement pour les années 2009 – 2013 (PNSE II) reprend bien cet objectif en préconisant "*une aération saine des locaux*" [Actions 1-3 : concilier économie d'énergie et qualité de l'air intérieur.]

Nous avons testé ce protocole dans les 4 établissements scolaires ayant fait l'objet d'un suivi lors de l'étude réalisée dans l'agglomération grenobloise durant l'année scolaire 2007 - 2008².

La méthode retenue reprend les deux objectifs que nous souhaitons développer à travers deux approches complémentaires :

- Un objectif pratique qui permet d'assurer une meilleure qualité de l'air dans les classes (en attendant que des travaux soient effectués).
- Un objectif pédagogique qui incite les responsables et les enfants à mieux appréhender la complémentarité de l'aération et de la ventilation.

À terme et aux vues des résultats issus de cette première expérimentation, ce protocole pourrait être étendu à l'ensemble des établissements recevant des populations sensibles.

¹ Mesure du formaldéhyde dans les écoles maternelles et les crèches en Rhône-Alpes – AASQA de la région Rhône-Alpes – Septembre 2007

² Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires du territoire de la Métro – Etude de faisabilité dans 4 établissements – ASCOPARG – Décembre 2008.

³ Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les collèges du département de l'Isère – Etude de faisabilité dans 8 établissements – ASCOPARG – En cours de réalisation.

⁴ Mesure du formaldéhyde dans 4 lycées de la région Rhône-Alpes – COPARLY – En cours de réalisation.

⁵ Yvon Le Moullec - Colloque annuel de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur – Pollutec - 2008.

2. Méthodologie.

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 par les occupants lorsqu'ils respirent qui sont à l'origine de l'augmentation des niveaux de CO₂. Les niveaux peuvent augmenter très rapidement si l'air de la pièce n'est pas suffisamment renouvelé.

Le gaz carbonique est donc un bon indicateur du taux de renouvellement d'air pour les ambiances intérieures. Il peut permettre de mettre en évidence une mauvaise aération pouvant provoquer une accumulation des polluants.

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

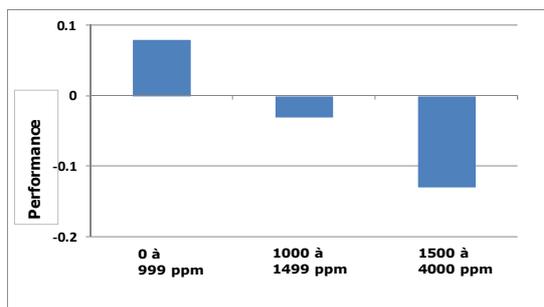


Figure 1 : CO₂ et test de performance (Myhrvold, 1996)

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

atteignent 1000 ppm.

2.1. Principe du suivi :



Figure 2 : Détecteur de CO₂ Luftampel®

Au sein d'un établissement, une classe sera équipée d'un détecteur de CO₂ (Luftampel®) déclenchant une alarme visuelle (leds de couleurs différentes) lorsqu'un niveau prédéfini de CO₂ sera atteint. L'indicateur suivant est retenu :

Indicateur LED	Taux de CO ₂ (ppm)	Qualité de l'air	Nécessité d'aération
Rouge	> 1500	mauvaise	Aérer
Orange	1000 – 1500	moyenne	Aérer bientôt
Vert	< 1000	bonne	Bon air

Les occupants devront aérer la salle de classe lorsque le voyant (led) rouge s'allumera. Ils laisseront la fenêtre ouverte jusqu'à ce que le voyant vert s'éclaire.

En parallèle à ce détecteur (qui n'enregistre pas les données), un analyseur – enregistreur de type Q TRAK®, déjà utilisé dans les autres études, sera installé afin d'assurer un suivi en continu des teneurs en CO₂ et de la température de la salle de classe investiguée.

2.2. Déroulement pratique :

Chaque classe investiguée fera l'objet de trois campagnes de mesures du CO₂ (1 par trimestre scolaire) selon le principe suivant : Mesure du CO₂, une semaine (du lundi matin au vendredi après midi) sans consigne d'aération et suivi du CO₂ la semaine suivante avec consigne d'aération. Il est préférable de réaliser la campagne dans cet ordre afin de ne pas influencer le comportement des occupants avant l'application des consignes. Dans le même but, les résultats des mesures ne seront communiqués qu'à la fin des 3 campagnes.

2.3. Les établissements concernés :

Ce sont les établissements qui ont déjà fait l'objet d'investigations lors de l'étude "Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires du territoire de la Métro²" réalisée au cours de l'année scolaire 2008 - 2009 à l'exception de l'école maternelle Louis Armand à Seyssins qui n'a pas souhaité participer à cette deuxième étape :

- Ecole maternelle "La Rampe" à Grenoble,
- Ecole primaire "Jean Moulin" à Pont de Claix,
- Crèche "Léa Blain" à Fontaine.

Campagne	Semaine	Ecole La rampe Grenoble	Ecole Jean Moulin Pont de Claix	Crèche Léa Blain Fontaine
1 Printemps	1 sans consigne	du 20/04/09 au 24/04/09	du 27/04/09 au 30/04/09	du 20/04/09 au 24/04/09
	2 avec consigne	du 27/04/09 au 30/04/09	du 04/05/09 au 07/05/09	du 27/04/09 au 30/04/09
2 Automne	1 sans consigne	du 12/10/09 au 16/10/09	du 05/10/09 au 09/10/09	du 05/10/09 au 09/10/09
	2 avec consigne	du 19/10/09 au 23/10/09	du 12/10/09 au 16/10/09	du 12/10/09 au 16/10/09
3 Hiver	1 sans consigne	du 18/01/10 au 22/01/10	du 11/01/10 au 15/01/10	du 11/01/10 au 15/01/10
	2 avec consigne	du 25/01/10 au 29/01/10	du 18/01/10 au 22/01/10	du 18/01/10 au 22/01/10

3. Résultats

3.1. Déroulement type d'une journée de classe :

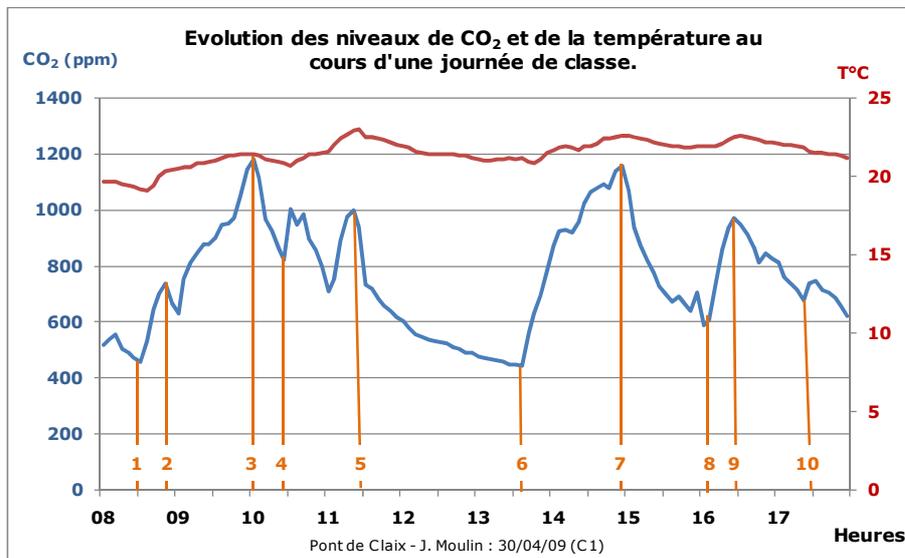


Figure 3 : Evolution des niveaux de CO₂ au cours de la journée.

La courbe ci-dessus représente l'évolution des niveaux de CO₂ et de la température mesurés dans une salle de classe au cours d'une journée habituelle. La température moyenne extérieure de la journée d'école était de 16°C avec un maximum à 21°C vers 14 h.

1	8 h 30	Rentrée des élèves dans la salle
2	9 h 00	Légère baisse du niveau de CO ₂ qui peut être liée à l'ouverture de la porte de la classe.
3	10 h	Les élèves sortent en récréation.
4	10 h 30	Retour des élèves
5	11 h 30	Sortie des élèves
6	13 h 30	Retour des élèves jusqu'à la récréation vers 15 h.
7	15 h	Les élèves sortent de la classe pour la pratique d'une activité dans une autre salle (sport par exemple)
8 9	16 h 15	Les élèves viennent récupérer leur cartable avant de sortir définitivement de la classe à 16h30.
10	17 h 30	Présence d'une personne dans la classe (ménage ?)
		Décroissance du niveau de CO ₂ pour atteindre le niveau mesuré à l'extérieur.

Tableau 1 : Déroulement d'une journée de classe.

On remarque que les niveaux supérieurs à 1000 ppm de CO₂ sont atteints après 1 h 30 à 2 heures de présence des élèves dans la classe. Ces niveaux diminuent rapidement dès la sortie des élèves. Les périodes de récréation ne sont toutefois pas suffisantes pour permettre d'atteindre les niveaux relevés à l'extérieur. Lors du retour des élèves, les niveaux de base sont déjà relativement élevés ce qui entraîne une augmentation plus importante des niveaux en fin de période suivante.

3.2. Résultats moyens par établissements :

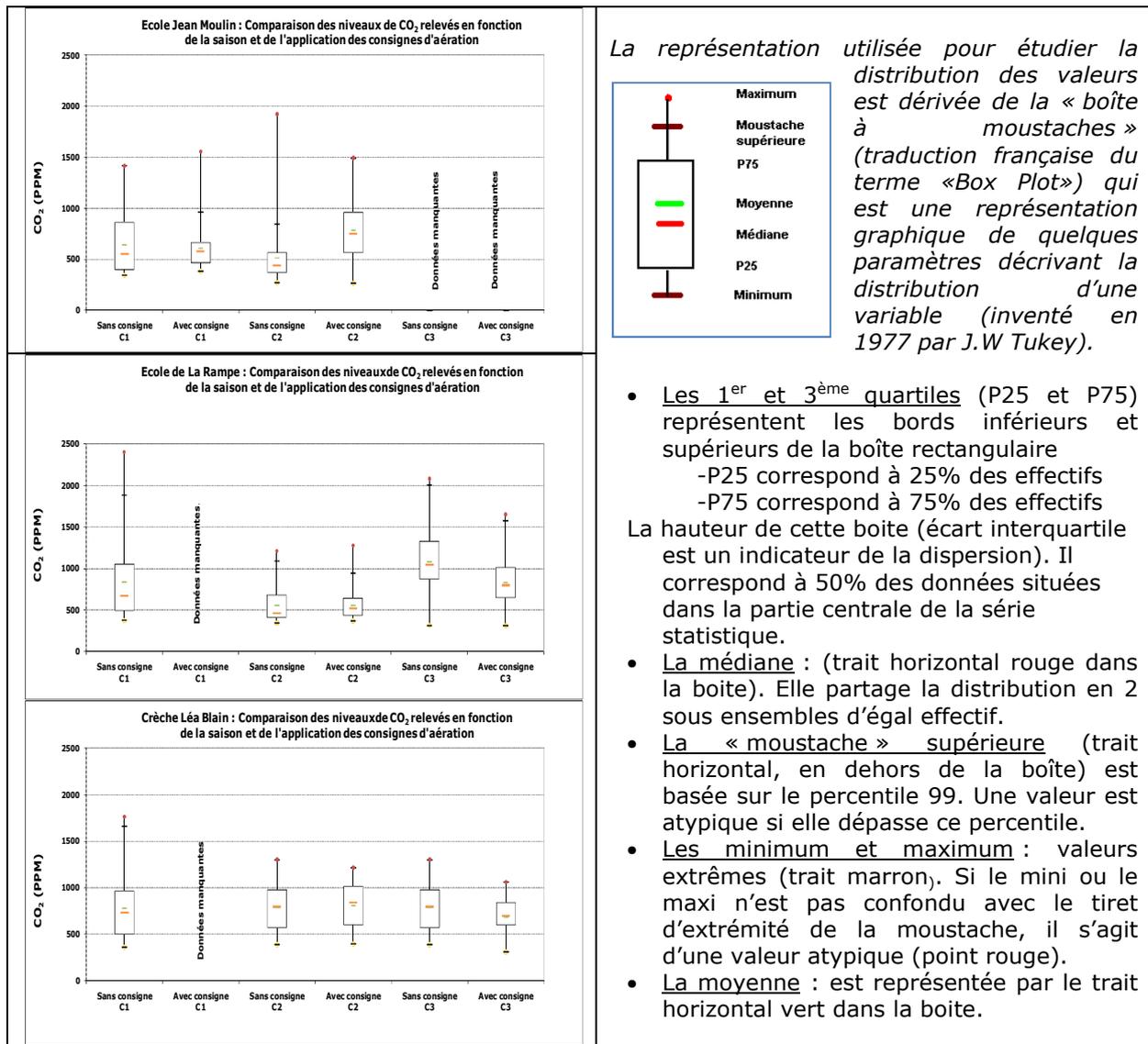


Figure 4 : CO₂ : Résultats moyens par établissements.

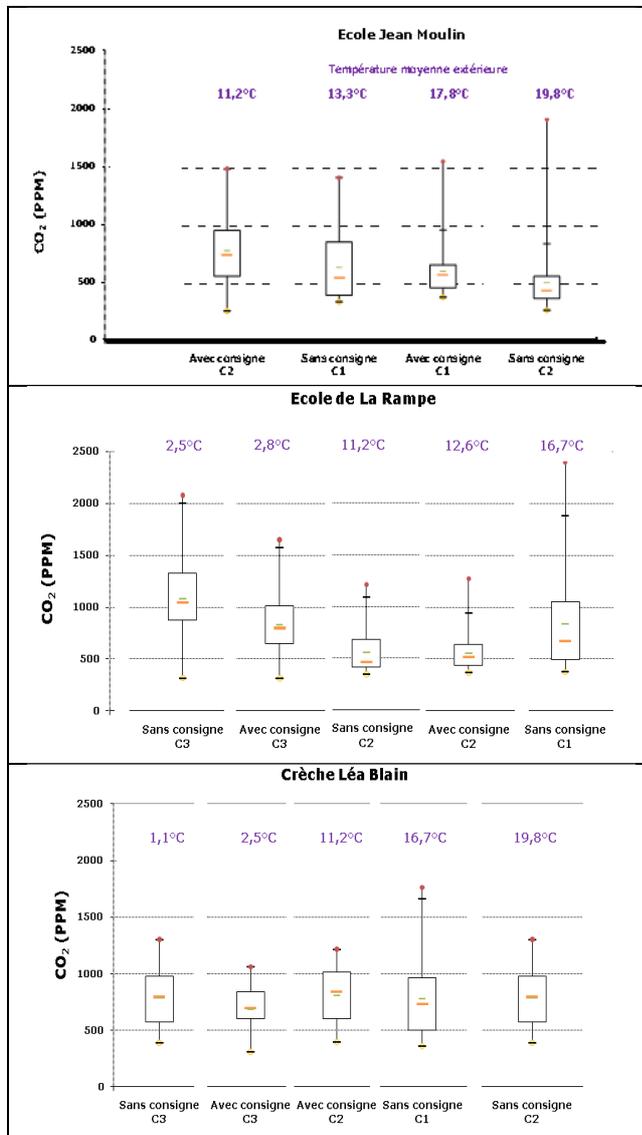
Les données ne concernent que les périodes de présence des enfants (8h30 – 11h30, 13h30 – 16h30)

Les résultats ne mettent pas en évidence une diminution nette des niveaux moyens ou maximums entre les deux phases des différentes campagnes de mesure. Deux raisons peuvent expliquer ce constat :

- les consignes d'ouverture des fenêtres n'ont pas été appliquées de façon systématique lorsque l'indicateur signalait un dépassement du seuil de 1000 ppm.
- le signal d'alarme utilisé (petit led rouge qui s'allume) n'est pas suffisant pour alerter les élèves et les enseignants qui peuvent ne pas le remarquer immédiatement,
- les temps d'aération ne sont pas assez long pour permettre un renouvellement de l'air complet et la concentration en CO₂ reste encore élevée, ce qui entraîne par la suite une augmentation rapide des niveaux vers la valeur d'alerte..

3.3. Lien entre la température extérieure et les niveaux de CO₂ :

Les graphiques ci-dessous reprennent les valeurs présentées dans le paragraphe précédent mais les différentes boîtes à moustache ne sont pas présentées dans l'ordre de réalisation des campagnes de mesures mais en fonction de la température moyenne extérieure.



Pour les écoles Jean Moulin et de La Rampe on peut observer une nette diminution des niveaux lorsque la température extérieure augmente. Cette diminution n'est pas liée à la période d'application des consignes d'aération (les valeurs les plus faibles sont même obtenues en période hors consignes à Jean Moulin).

L'ouverture des fenêtres est plus fréquente et surtout prolongée lorsque la température extérieure est élevée. En période froide, les enseignants privilégient la chaleur à l'intérieur de la salle de classe.

En ce qui concerne la crèche Léa Blain, cette différence n'est pas évidente et les concentrations de CO₂ semblent relativement constantes quelque soit la saison. La mise en place d'un système efficace de renouvellement d'air peut expliquer ce constat.

Figure 5 : Résultats moyens par établissement et température extérieure.

3.4. Temps d'exposition à des valeurs > 1000 ppm :

La courbe ci-dessous permet de comparer les périodes durant lesquelles les élèves sont exposés à des concentrations de CO₂ supérieures à 1000 ppm. A noter que si les consignes d'aération avaient été rigoureusement appliquées, le nombre de dépassements de la valeur 1000 ppm au cours des périodes avec consignes devraient être proches de zéro.

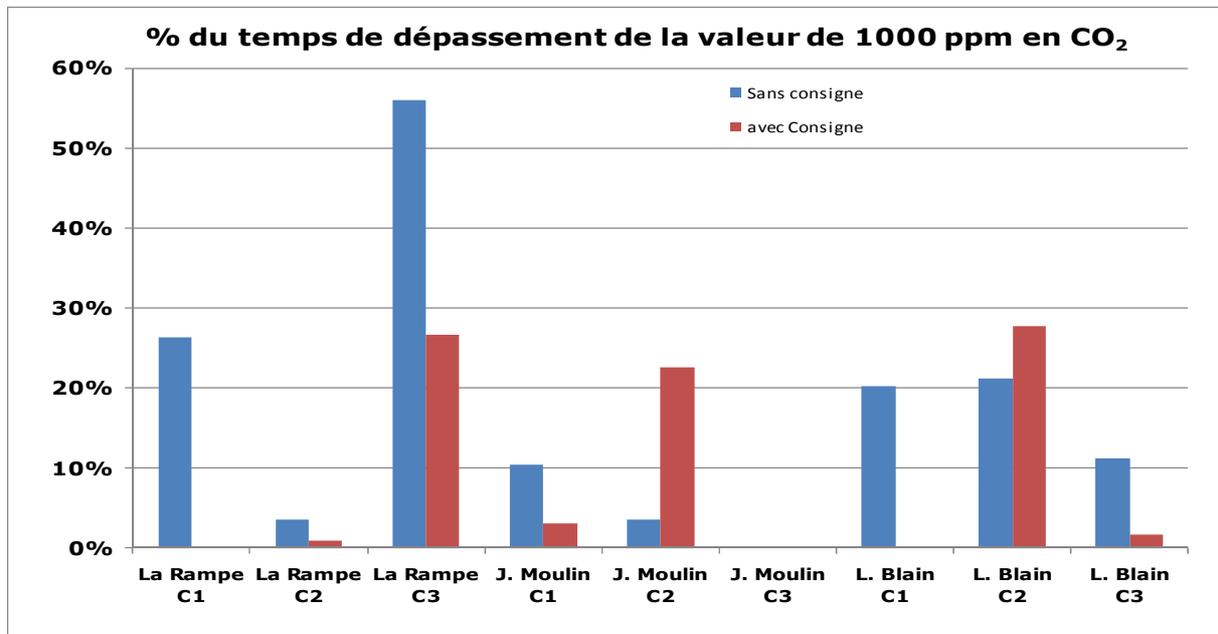


Figure 6 : CO₂ : % du temps de dépassement de la valeur 1000 ppm.

Les périodes au cours desquelles des consignes d'aération ont été données présentent moins de périodes de dépassement du seuil de 1000 ppm. Les deux campagnes (J. Moulin et L. Blain - 2^{ème} campagne) qui ne suivent pas ce constat correspondent à des périodes où la température extérieure était très inférieure lors de la deuxième semaine avec consigne par rapport à la première sans consigne (11,2°C vs 19,8°C), ce qui confirme bien l'influence de la température extérieure sur la fréquence d'aération des salles de classe.

3.5. Comparaison aux données recueillies lors de l'étude précédente.

Le graphique suivant compare les résultats obtenus lors de la première étude à ceux obtenus au cours de cette étude.

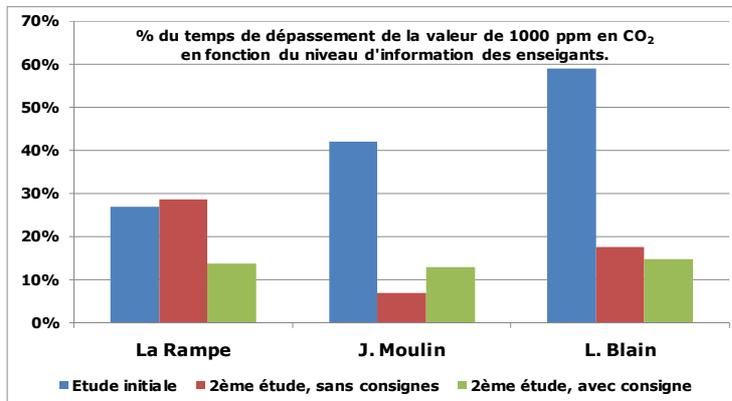


Figure 7 : % du temps de dépassement de la valeur 1000 ppm en fonction du niveau d'information des enseignants.

On remarque que les fréquences de dépassement de la valeur 1000 ppm sont nettement moins importantes lors de la deuxième étude. Ce constat peut s'expliquer par le fait que les enseignants ont déjà été sensibilisés au problème de renouvellement d'air après les résultats de la première étude. De ce fait, ils ont tendance à ouvrir plus fréquemment les fenêtres et la présence du détecteur de CO₂ comme indicateur de confinement n'est alors plus nécessaire. Les taux de dépassement de la valeur 1000 ppm lors de la deuxième

étude sont d'ailleurs relativement faibles et justifient bien cette approche. Seule l'école de La Rampe présente peu de différence entre les deux campagnes, mais cet établissement présentait déjà, lors de la première étude des concentrations moins importantes que les autres établissements.

La diminution importante des dépassements de seuil que l'on peut constater à la crèche Léa Blain est aussi fortement liée aux travaux de mise en conformité du système de renouvellement d'air qui ne fonctionnait pas lors de la première étude.

4. Conclusion :

La première étude avait mis en évidence le manque d'aération des salles de classe ce qui pouvait entraîner une augmentation importante des niveaux de polluants dans les salles concernées. Les résultats que nous obtenons lors de cette deuxième série de mesures montrent que les niveaux relevés sont nettement moins élevés et que les valeurs supérieures à 1000 ppm sont moins fréquentes.

Il semble donc que les personnes concernées ont bien pris en compte les recommandations que nous avons formulées lors de la première étude et qu'elles aèrent plus fréquemment les salles de classe. On peut noter toutefois que les temps d'aération semblent encore insuffisants.

Le fait de ne pas constater une diminution marquée des concentrations en CO₂ lors de l'utilisation du détecteur est certainement lié au fait que les enseignants concernés étaient déjà sensibilisés au problème d'aération et qu'il devient difficile d'augmenter encore les périodes d'ouverture des fenêtres.

Les deux études que nous avons réalisées montrent bien que la sensibilisation des enseignants à l'aération reste un moyen efficace pour améliorer la qualité de l'air dans les salles de classe mais l'exemple de la crèche Léa Blain confirme aussi que la mise en conformité du système de renouvellement d'air reste encore le moyen le plus efficace pour atteindre cet objectif.