

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite l'**attention de tous.**”

Rapport d'étude 2015

Etude des concentrations en formaldéhyde à l'école maternelle Jules Isaac, de Rennes.

*Investigations complémentaires :
Recherche de sources en formaldéhyde*

**Suite à la demande des :
Services des Bâtiments Communaux
et Santé-Environnement de la Ville
de Rennes**



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8^{ème} étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

I. Présentation

La qualité de l'air intérieur est une thématique importante, dans la mesure où nous passons 80 à 90 % de notre temps dans des lieux clos : habitation, lieu de travail, moyen de transport, école, dans lesquels nous respirons un air différent de l'air extérieur.

Des mesures ont été réalisées au cours de l'année 2014, dans le cadre de l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'écoles et de crèches neuves ou rénovées. Les résultats, en période estivale, des analyses réalisées dans l'école maternelle Jules Isaac, 9 rue du Morbihan à Rennes, ont montré des concentrations très élevées en formaldéhyde, dépassant les valeurs repères d'aide à la gestion. L'objectif de cette étude est donc de réaliser **des investigations complémentaires** et d'établir un diagnostic approfondi par une **recherche de sources en formaldéhyde** afin d'évaluer le taux d'émissivité des différents matériaux potentiellement contributeurs à l'intérieur des salles de classes ayant précédemment fait l'objet de mesures.

Pour compléter ces investigations réalisées sur une seule journée, de nouveaux prélèvements en air intérieur ont ainsi eu lieu du 1^{er} au 5 décembre 2014 afin d'évaluer les niveaux en formaldéhyde en période d'émissivité moins importante (hivernale).

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), le formaldéhyde, fait partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire. En effet, il est considéré comme un composé «hautement prioritaire».

Du 01 au 05 décembre 2014, Air Breizh a ainsi mesuré :

- les concentrations en **formaldéhyde** dans les 2 salles de classes précédemment investiguées,
- le degré de confinement à partir de l'évolution des teneurs en **CO₂**,
- les paramètres de confort, dont la **température** et l'**humidité relative**,
- **les taux d'émissivité des différents matériaux** recensés dans la classe de PS/TPS et susceptibles d'émettre du formaldéhyde, lors d'une journée de 6 à 8 heures de prélèvements, le mercredi 3 décembre 2014.

II. Contexte réglementaire

Le décret du 02 décembre 2011 relatif à la qualité de l'air dans certains Etablissements recevant du Public précise les valeurs de référence en vigueur pour l'interprétation des résultats pour chacun des polluants mesurés.

Substances	Valeurs guides pour l'air intérieur [VGAI Anses]		Valeur Limite [HCSP]
Formaldéhyde	30 µg/m³ (exposition de longue durée à compter du 01/01/2015)	10 µg/m³ (exposition de longue durée à compter du 01/01/2023)	100 µg/m³ Valeur au-delà de laquelle une recherche de sources doit être réalisée
Dioxyde de Carbone	—	—	Indice de confinement de niveau 5 (pics de concentration en CO ₂ supérieurs à 4000 ppm et des valeurs moyennes supérieures à 2000 ppm)

Le Taux de ventilation et teneur en CO₂ : le règlement sanitaire départemental (RSD) impose un débit d'air neuf à introduire dans les salles de classe de 15 m³/h/personne lorsque le bâtiment est équipé d'un système spécifique de ventilation (conduit à tirage naturel ou ventilation mécanique). Dans les conditions habituelles d'occupation, la teneur de l'atmosphère en CO₂ ne doit pas dépasser 1000 ppm avec tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer (ce qui est le cas dans une salle de classe).

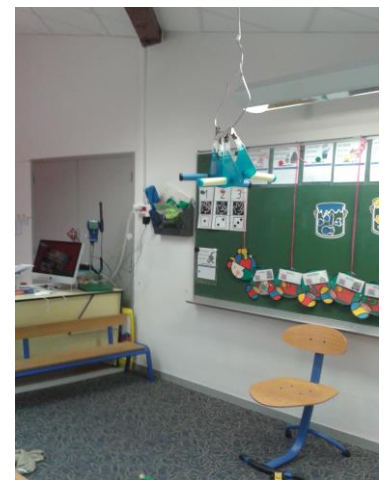
III. Matériel et méthode

III. 1 - Prélèvements en air intérieur :

a. Formaldéhyde

Pour la mesure des composés organiques volatils, la technique de l'échantillonnage passif par tubes à diffusion, validée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) et l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), est utilisée. Cette méthode de mesure ne nécessitant pas d'alimentation électrique et peu d'entretien, permet de déterminer la concentration de nombreux composés.

Le principe de la mesure est de piéger chimiquement les composés à l'intérieur de la cartouche. Celle-ci est ensuite analysée en laboratoire et fournit une concentration moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition. En revanche, ces outils ne permettent pas de connaître l'évolution temporelle des niveaux de pollution des composés, durant la période d'échantillonnage.



b. Dioxyde de carbone et paramètres de confort

L'utilisation d'un analyseur permet le suivi en continu de 4 paramètres : la température, l'humidité, le CO et le CO₂ (mesure toutes les 10 minutes).

L'estimation du renouvellement d'air est basée sur le suivi des concentrations en CO₂ d'origine métabolique, c'est-à-dire dû à la présence des élèves.



Analyseur

c. Emplacement et période de prélèvement

La localisation des prélèvements respecte les préconisations des protocoles de surveillance du formaldéhyde et du benzène dans l'air des lieux clos ouverts au public (décembre 2008), élaborés par le LCSQA en partenariat avec le CSTB.

D'un point de vue temporel, les prélèvements en formaldéhyde visant à évaluer les concentrations ambiantes en formaldéhyde en période hivernale ont été réalisés du lundi au vendredi soit pendant une durée moyenne de 4,5 jours. Ils pourront être comparés aux concentrations relevées précédemment, au mois de septembre 2014, ainsi qu'aux niveaux obtenus en janvier 2014.

Un doublon (2 prélèvements simultanés) a été posé dans la classe des Petites Sections (PS) /Très Petites Sections (TPS), équipée de ventilation, et un seul prélèvement a été réalisé dans la classe voisine des Moyennes Sections (MS)/ Petites Sections (PS) afin d'effectuer une comparaison des concentrations relevées en période hivernale avec les valeurs élevées précédemment enregistrées en période estivale.

III. 2 – Recherche de sources dans la salle des PS/TPS :

La recherche de sources en formaldéhyde visant à déterminer les matériaux les plus contributeurs dans la salle de classes, a pu être réalisée via la pose de badges passifs pour la mesure in-situ des taux d'émission de formaldéhyde.

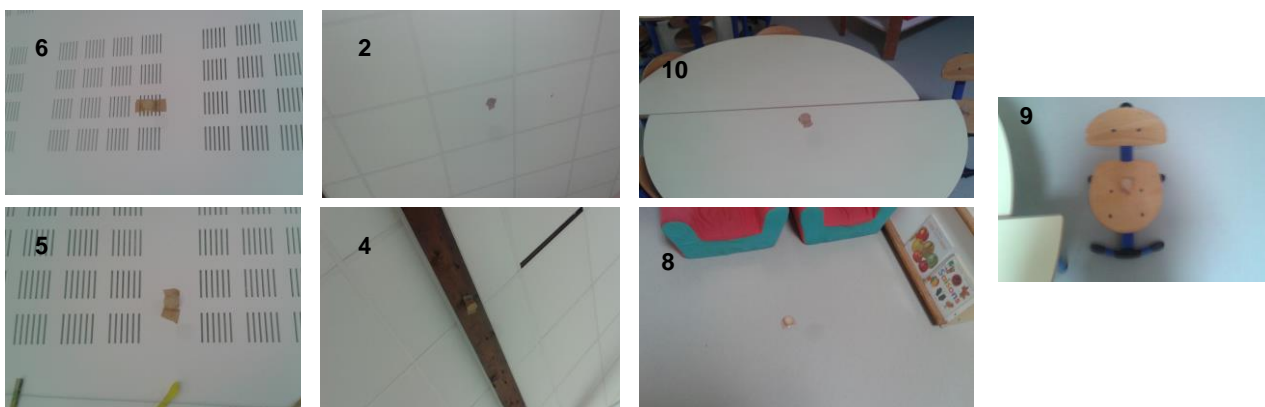
Ces badges passifs à poser sont **des dispositifs de dégazage** (boîtes de pétri imprégnées de DNPH (dinitrophénylhydrazine), substance utilisée comme test caractéristique des aldéhydes pour les matériaux dans les environnements intérieurs) fixés via des rubans adhésifs spécifiques (peu émissifs). Ils ont donc été posés sur le matériau afin d'y adhérer de manière à ce que l'air ne puisse passer, formant ainsi une chambre « hermétique » sur le support.

Treize points de prélèvements ont été réalisés au total : 11 dans la classe des PS/TPS et 2 dans le bloc sanitaire attenant à la classe des MS/PS à titre expérimental.

Point de mesures	Lieu de prélèvement : Classe	Points de prélèvements
1	Salle PS/TPS	Plafond (côté classe) - entre fenêtre et poutres
2	Salle PS/TPS	Plafond (côté classe) - Côté petit trou plafond
3	Salle PS/TPS	Plafond (intérieur - panneaux sandwichs sous toiture -) entre vélux et poutre en bois -
4	Salle PS/TPS	Poutre en bois sous plafond (2,90 m) - Au milieu -
5	Salle PS/TPS	Cloison phonique (côté dortoir) -Surface pleine-
6	Salle PS/TPS	Cloison phonique (côté dortoir)- surface creuse-
7	Salle PS/TPS	Mur intérieur rouge (côté couloir) - Au milieu -
8	Salle PS/TPS	Sol - coin lecture enfants-
9	Salle PS/TPS	Chaise
10	Salle PS/TPS	Table
11	Salle PS/TPS	Meuble de rangement matériel : agglo/ stratifié gris
12	PS/MS- Sanitaires	Plafond (panneaux sandwichs repeints R clean le 26/11)
13	PS/MS - Sanitaires	Plafond (panneaux sandwichs bruts)

Ces 13 capteurs individuels ont donc été exposés de 6 à 8 heures sur les différents matériaux potentiellement émissifs listés précédemment, tout au long de la journée du **mercredi 03 décembre 2014**.

Exemples de prélèvements sur différents supports ou matériaux dans la classe des PS/TPS



IV. Résultats :

VI. 1 - Prélèvements en air intérieur :

a. Résultats en formaldéhyde :

Les résultats obtenus sont issus des 2 campagnes de mesures réalisées sur 2 saisons distinctes comme le préconise le décret de 2011 (période hivernale et période estivale).

Concentration en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classe des PS/TPS (ventilation depuis l'été 2014)	Classe des MS/PS (pas de ventilation)
Campagne hivernale	59,5	47,6
Campagne estivale	112,0	120,1
<i>Moyenne</i>	<i>85,75</i>	<i>83,8</i>

Concentrations en formaldéhyde – Ecole maternelle Jules Isaac - 2014 -

Les niveaux moyens relevés sur les 2 périodes de mesures, montrent des concentrations globalement élevées et du même ordre de grandeur dans les 2 classes investiguées.

Ces concentrations sont supérieures aux moyennes des concentrations en formaldéhyde généralement rencontrées dans les écoles (cf. tableau ci-dessous illustrant la répartition des concentrations en formaldéhyde dans différents établissements scolaires en France, OQAI 2009-2011) et sont supérieures à la valeur guide référence de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le tableau ci-dessous, présente la répartition des concentrations en formaldéhyde mesurées lors de la campagne nationale de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches, portant sur 300 établissements en France (2009-2011).

Concentrations en formaldéhyde dans différents établissements scolaires en France

Etude	Etablissements investigués	Répartition des concentrations en Formaldéhyde				
		de 0 à <10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 10 à <30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 30 à <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 50 à <100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	19,6%	68,2%	10,3%	1,9%	0,0%

Les concentrations moyennes rencontrées dans les 2 classes investiguées atteignant respectivement **83,8** et **85,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , correspondent à des niveaux peu fréquemment rencontrés dans les établissements scolaires ayant ultérieurement fait l'objet de campagnes de mesures de qualité de l'air intérieur (1,9%).

Etude des concentrations et recherche de sources en formaldéhyde à l'école maternelle Jules Isaac de Rennes (35)

Enfin, les valeurs maximales atteignant respectivement 112 et 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lors des prélèvements réalisés au mois de septembre où les températures ont été particulièrement élevées, favorisant la volatilité des composés mesurés, dépassent la valeur limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, requérant **un diagnostic approfondi des sources d'émission afin de fournir des préconisations d'actions.**

Notons que ces valeurs maximales en formaldéhyde ne sont pas représentatives du niveau auquel les enfants de ces classes sont exposés majoritairement car elles illustrent les concentrations rencontrées en période de très forte émissivité. Pour autant, de telles valeurs sont inhabituelles et apparaissent bien plus élevées que les concentrations en formaldéhyde fréquemment rencontrées dans les établissements scolaires investigués en période estivale.

Des mesures complémentaires ont donc été entreprises afin d'évaluer les taux d'émissivité des différents matériaux et leur contribution respective aux concentrations ambiantes en formaldéhyde relevées dans les 2 classes. L'objectif est d'identifier la/les sources majoritairement contributives.

Ces résultats sont présentés dans le paragraphe VI-2.

b. Dioxyde de carbone et Paramètre de confort (température) :

Le Dioxyde de Carbone :

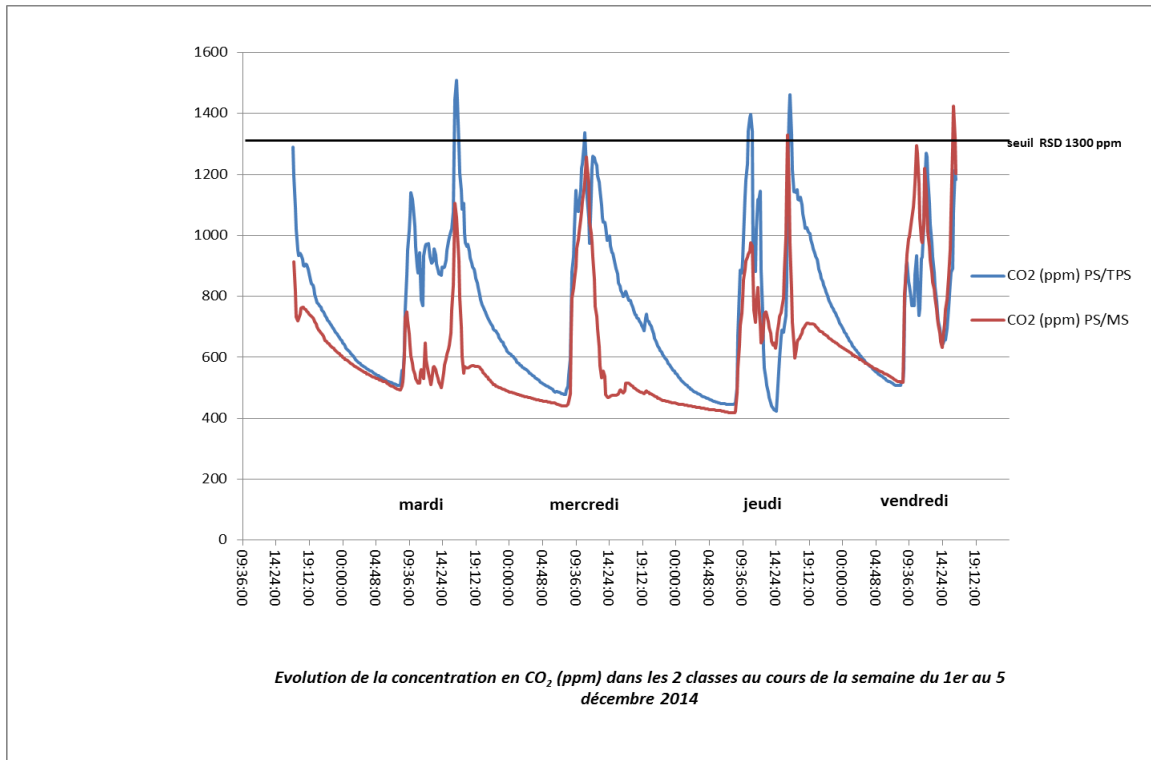
Concentrations en CO ₂ (ppm)	Classe des PS/TPS (ventilation depuis été 2014)			Classe des MS/PS (pas de ventilation)		
	min	moyenne	max	min	moyenne	max
Campagne hivernale <i>du 06 au 10 janvier 2014</i>	455	1095	2157	CO ₂ non mesuré		
Campagne estivale <i>du 15 au 19 septembre 2014</i>	349	868	1164	416	619	1379
Campagne hivernale <i>du 01 au 05 décembre 2014</i>	422	749	1510	418	622	1425

Les concentrations moyennes en CO₂ mesurées dans les 2 classes sont satisfaisantes pour la plupart du temps et ce, quelle que soit la période d'investigation. Elles restent en effet, très majoritairement inférieures au seuil de 1300 ppm établi par le RSD, voire à celui de 1000 ppm préconisé par l'OMS.

Notons une diminution des concentrations relevées dans la classe de PS/TPS un an plus tôt, susceptible de s'expliquer par la mise en place, au cours de l'année, d'un système de ventilation visant à diminuer le confinement éventuel et à minimiser autant que possible les concentrations en polluants dans l'air intérieur suite aux premiers résultats issus des prélèvements réalisés en janvier 2014 et qui avoisinaient les 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ci-joint les graphes représentant l'évolution des concentrations en CO₂ dans les 2 classes durant la toute dernière campagne de mesures (décembre 2014).

Concentrations en CO₂ (ppm) dans les classes de PS/TPS et de MS/PS

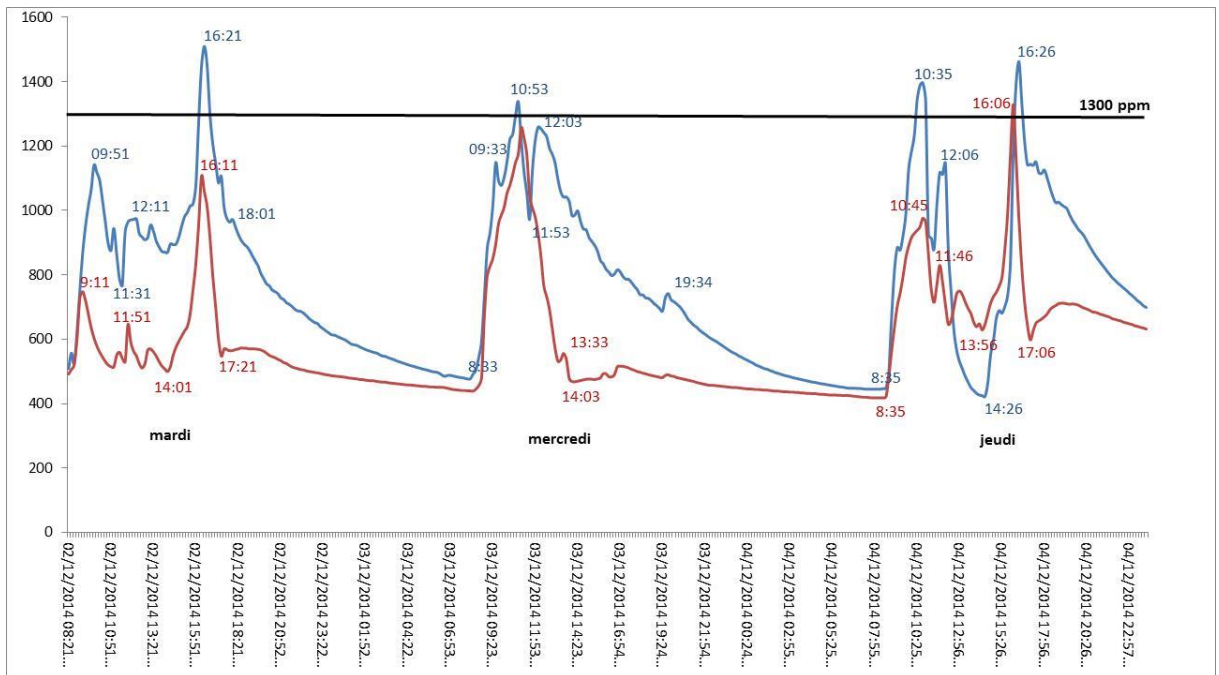


On constate ainsi, des phases de croissance et de décroissance régulières et parallèles dans les 2 classes suggérant des périodes d'occupation identiques. Malgré quelques pics dépassant la valeur seuil de 1300 ppm, notamment dans la classe des PS/TPS, pourtant pourvue d'un système de ventilation, l'absence de tout confinement dans les 2 pièces investiguées est à souligner, dû en grande partie à l'aération permanente de ces pièces où portes et fenêtres restent fréquemment ouvertes en journée.

L'évolution des concentrations en CO₂ sur chaque journée, au cours de la semaine de prélèvements, montre que les pics surviennent régulièrement aux heures de fin de temps de classes (en milieu de matinée avant la récréation), vers 10h30/11h, puis en fin de classe l'après-midi, excepté le mercredi)

Etude des concentrations et recherche de sources en formaldéhyde à l'école maternelle Jules Isaac de Rennes (35)

Evolution temporelle des concentrations en CO₂, sur les jours en semaine (déc 2014)



La différence entre les niveaux des concentrations en CO₂, rencontrées dans les 2 classes et notamment le fait que les valeurs enregistrées soient plus importantes dans la classe des PS/TPS, équipée d'un système de ventilation, que dans celle des MS/PS qui ne l'est pas, peut s'expliquer par l'occupation d'un plus grand nombre d'enfants dans la première (>30) que dans la seconde (23). Par ailleurs, rappelons que les 2 pièces sont fréquemment aérées, les fenêtres restant, même en période hivernale, régulièrement entrouvertes dans la classe des PS/TPS.

Dans la classe des MS/PS, dépourvue de système de ventilation, notons que les fenêtres sont fréquemment et très largement ouvertes et que la porte de cette classe reste également très fréquemment ouverte afin de créer des courants d'air.

Ces pratiques d'aération, ainsi que les taux d'occupation de chaque salle de classe, permettent d'expliquer d'une part les différences de concentrations en CO₂ relevées au sein des 2 classes et contribuent à l'absence de tout confinement dans ces locaux.

Les températures :

Températures (°C)	Classe des PS/TPS (ventilation depuis été 2014)			Classe des MS/PS (pas de ventilation)		
	min	moyenne	max	min	moyenne	max
Campagne hivernale du 06 au 10 janvier 2014	16	19	21	Non mesurée		
Campagne estivale du 15 au 19 septembre 2014	21,7	23,4	24,5	21,8	23,4	24,8
Campagne hivernale du 01 au 05 décembre 2014	17	19,3	21,1	17,7	19,6	21,6

Le relevé des températures enregistrées lors de la semaine de prélèvements dans les 2 classes souligne une bonne cohérence des données, les valeurs reflétant une différence notable entre les saisons au cours desquels les prélèvements ont eu lieu, favorisant ou minimisant l'émissivité des différents matériaux en augmentant, ou à contrario en diminuant la volatilité du composé mesuré.

Constatons ainsi que c'est au cours de la campagne dite estivale, alors que la moyenne des températures s'élève à 23,4 °C dans les 2 classes, que les concentrations en formaldéhyde ont atteint des niveaux supérieurs à 100 µg/m³.

VI. 2 – Recherche de sources dans la classe des PS/TPS :

a - Les taux ou facteurs d'émission :

Treize prélèvements ont tous été réalisés sur une seule et même journée pendant 6 à 8 heures, dont 11 dans la classe des PS/TPS et 2 (points 12 et 13) à titre expérimental dans le bloc sanitaire des PS/MS.

<i>Point de mesures</i>	<i>Localisation des points de prélèvements</i>	<i>Facteur d'émission en µg/m².h</i>
3	Plafond (panneau sandwich brut)	27,7
2	Plafond (côté classe) - Côté petit trou plafond	24,4
13	Plafond (côté classe) - entre fenêtre et poutres	24,1
1	Plafond PS/MS (intérieur – panneau sandwich sous toiture)	23,9
12	Plafond PS/MS (panneau sandwich repeint R Clean le 26/11)	20,4
6	Cloison phonique (côté dortoir)- surface creuse-	18,8
4	Poutre en bois sous plafond (2,90 m)	12,1
9	Chaise	11,0
7	Mur intérieur rouge (côté couloir) - Au milieu -	9,1
11	Meuble de rangement matériel : agglo/ stratifié gris	6,0
5	Cloison phonique (côté dortoir) -Surface pleine-	5,4
8	Sol - coin lecture enfants-	3,9
10	Table	4,7

La mesure des émissions en formaldéhyde de l'ensemble des matériaux potentiellement émissifs listés dans la classe des PS/TPS, via les 11 échantillonneurs passifs fixés sur l'ensemble des surfaces montre **des taux d'émission plus élevés** (supérieurs à 20 µg/m².h) pour **le plafond** en général, et ce, quelle que soit la localisation des différents points de mesures à ce niveau.

En effet, les facteurs d'émissions se rapportant à tous les prélèvements effectués au plafond tant côté classe que sous toiture (au niveau du panneau sandwich situé au-dessus de la laine de verre), sont systématiquement **compris entre 23,9 et 27,7 µg/m².h**, le taux d'émissivité maximum se situant au niveau du panneau sandwich lui-même.

Le prélèvement situé sur la poutre en bois, présente des résultats de l'ordre de 12 µg/m².h, bien moindres que les précédents.

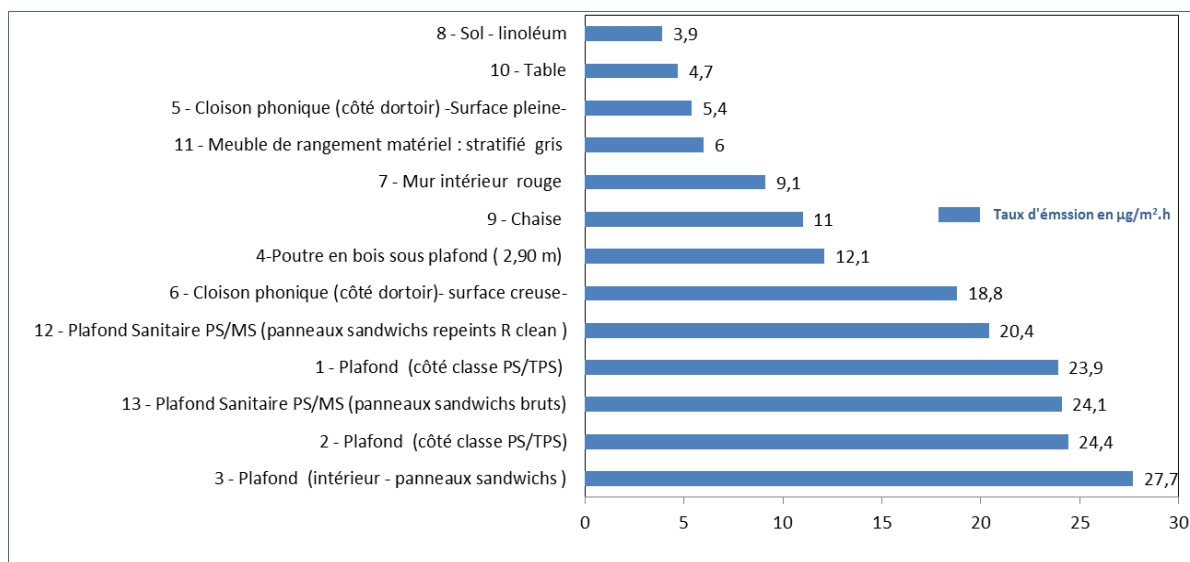
Etant donné l'importance de la surface occupée par le plafond dans chacune des classes et la hiérarchisation des taux d'émissivité des matériaux, on peut donc déduire qu'en **termes d'émission totale, c'est le plafond qui émet le plus de formaldéhyde** dans ces locaux.

Notons par ailleurs, le taux d'émission présenté par le point 6, situé sur la surface creuse de la cloison phonique séparant le dortoir de la salle de classe et qui atteint les 18 µg/m².h. Ce taux est 3 fois plus élevé que celui du prélèvement réalisé sur cette même cloison au niveau de la surface pleine. Ces surfaces creuses, malgré leur émissivité importante, ne représentent qu'une surface

Etude des concentrations et recherche de sources en formaldéhyde à l'école maternelle Jules Isaac de Rennes (35)

relativement limitée au total puisque partielle, et ne peut donc être considérée comme représentant une source majoritairement contributive.

Taux d'émission de formaldéhyde (en $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$) des différentes sources dans la classe



Ces taux d'émission en formaldéhyde sont à rapporter aux surfaces couvertes par les différents matériaux au sein des locaux. En effet, certains d'entre eux peuvent présenter une forte émissivité mais en fonction de leur surface globale dans la pièce, minime par exemple, ne contribuer que faiblement aux émissions totales.

Ces taux d'émission sont donc à adapter aux surfaces de chaque matériau en contact avec l'air et émetteur de formaldéhyde, afin de caractériser l'émission dite totale des matériaux dans la pièce et de hiérarchiser ainsi les contributions relatives de chaque source potentielle.

Soulignons également que les prélèvements 12 et 13, effectués tous 2 à titre expérimental sur les panneaux sandwichs du bloc sanitaire des PS/MS, après application d'une peinture visant à abaisser les émissions initiales émanant du support, ont montré avant tout une cohérence dans les résultats obtenus ($24,1 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$) confortant les niveaux relevés dans la classe des PS/TPS ($27,7 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$).

Par ailleurs, l'échantillon du panneau sandwich repeint a montré une légère diminution du taux d'émissivité initial, celui-ci passant de $24,1$ à $20,4 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

Ce résultat reste, pour autant, difficilement interprétable et généralisable du fait d'une seule expérimentation réalisée sur un échantillon in situ, ne pouvant attester de son efficacité et de sa reproductibilité.

De même, le gain potentiel en termes de diminution des concentrations intérieures en formaldéhyde reste difficilement quantifiable à ce niveau.

b - Les émissions totales :

A partir des surfaces couvertes par chaque type de matériau recensé et transmises par le service des bâtiments communaux en charge de ces mesures, il a été possible d'estimer l'émission totale des différents matériaux émetteurs.

Etude des concentrations et recherche de sources en formaldéhyde à l'école maternelle Jules Isaac de Rennes (35)

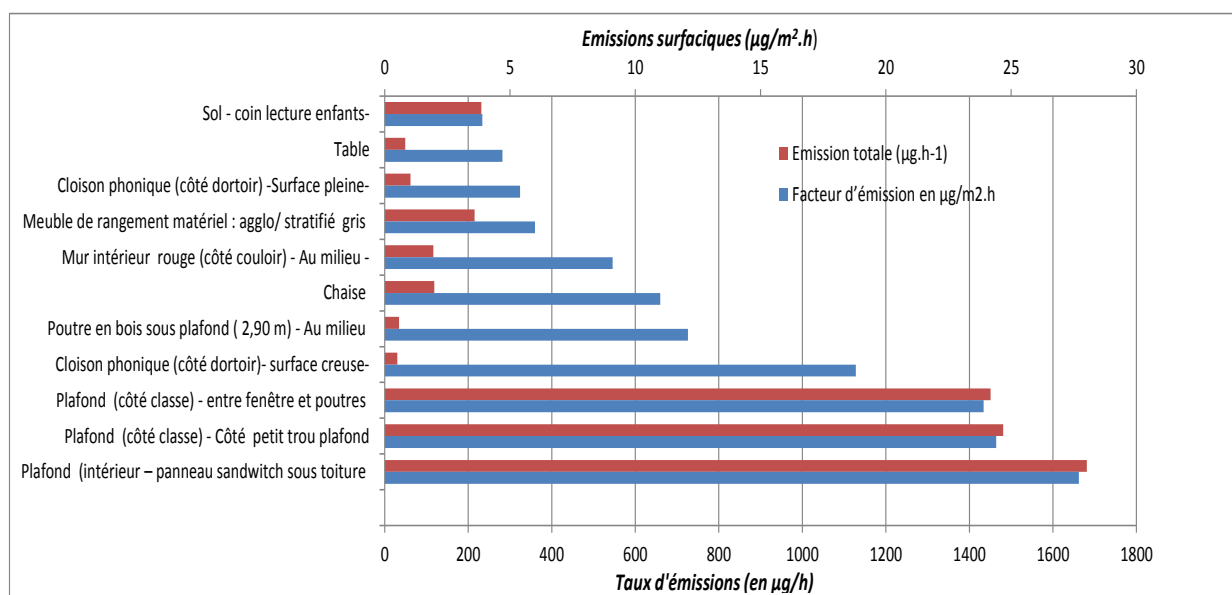
Localisation des points de prélèvements	Facteur d'émission en $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$	Surfaces estimées en m^2 par matériau	Emissions totales en $\mu\text{g}/\text{h}$	Emissions totales en %
Plafond (côté classe) (1)	23,9	60,7	1481,08	63,3
Plafond (côté classe) (2)	24,4			
Plafond (intérieur : panneau sandwich sous toiture)	27,7			
Sol	3,9	59,4	231,66	9,9
Meuble de rangement matériel : stratifié gris	6,0	35,87	215,22	9,2
Mur intérieur rouge (côté couloir)	9,1	12,78	116,29	5
Chaise	11	10,81	118,91	5
Cloison phonique (côté dortoir)- surface creuse-	18,8	1,61	30,268	1,3
Poutre en bois sous plafond (2,90 m)	12,1	2,84	34,364	1,4
Table	4,7	10,52	49,44	2,1
Cloison phonique (côté dortoir) -Surface pleine-	5,4	11,45	61,83	2,6

Au regard des surfaces couvertes par le plafond qui est également le principal émetteur, il s'avère que cette source apparaît bien comme étant la plus contributive au sein de la classe investiguée avec des niveaux d'émissions totales atteignant 1481 $\mu\text{g}/\text{h}$ au niveau du faux plafond, soit **63,3% des émissions estimées**.

Remarquons que les autres sources d'émission en formaldéhyde (mobilier, matériaux constitutifs des différents revêtements...) illustrent des émissivités bien moindres, variant de 30 à 230 $\mu\text{g}/\text{h}$.

Il est cependant intéressant de noter que certains matériaux, identifiés préalablement comme étant peu émetteurs tel que le linoléum du sol, dont le taux d'émission en formaldéhyde est de l'ordre de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$, à savoir le plus faible de tous, représente finalement le matériau le plus contributeur après le plafond, au regard de sa surface importante dans la pièce (59,4 m^2). Le meuble stratifié gris, légèrement plus émissif (6 $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$), atteint un niveau comparable en termes d'émissions totales. A l'inverse, les chaises, qui ne représentent qu'une surface totale relativement faible, sont finalement peu contributives alors que leur taux d'émission ne se situe pas parmi les plus faibles.

Surfaces contributrices en formaldéhyde dans la classe des PS/TPS de l'école maternelle Jules Isaac



V. Conclusions :

Les prélèvements effectués dans la classe des PS/TPS lors de la toute dernière campagne de mesure du 1^{er} au 5 décembre 2014, suite aux résultats particulièrement élevés en formaldéhyde (supérieurs à 100 µg/m³) enregistrés en période estivale, ont montré que les concentrations en air intérieur avaient diminué de façon notable, en période hivernale (45,6 à 47,6 µg/m³), s'approchant davantage des concentrations relevées 1 an plus tôt, lors de la toute première campagne de mesures en janvier 2014 (**59,5 µg/m³**) et dont les résultats ont d'ailleurs été considérés dans le cadre de ce rapport, maximisant les moyennes rencontrées pour la classe des PS/TPS en saison hivernale. La diminution des concentrations rencontrées entre les 2 périodes d'investigation peut s'expliquer par des températures moins élevées (donc d'une émissivité moindre des matériaux) et probablement par un usage « plus raisonné » des produits d'entretien sur cette semaine de prélèvements.

Les concentrations en formaldéhyde, lors des derniers prélèvements hivernaux, n'en demeurent pas moins **supérieures à la valeur de 30 µg/m³ et la moyenne des prélèvements réalisés sur les 2 saisons distinctes s'élève ainsi à 85,7 µg/m³ dans la classe des PS/TPS et à 83,8 µg/m³ dans celle des MS/PS.**

De tels niveaux justifient la réalisation des investigations complémentaires demandées visant à caractériser les sources d'émissions majeures dans cette école afin de pouvoir préconiser des actions de remédiation permettant d'abaisser les concentrations en air intérieur dans les classes.

Les résultats issus des 11 prélèvements effectués dans la classe des PS/TPS, concluent à des **taux d'émission plus élevés (24 à 27 µg/m².h), provenant du plafond** et plus particulièrement des panneaux sandwichs présents sous la toiture. Conjugué au fait que le plafond occupe sans conteste la surface la plus importante de la pièce, il en ressort que ce dernier s'avère être la source la plus contributive en termes d'émission de formaldéhyde dans ces classes. Cette source majeure, cumulée à des émissions susceptibles de provenir d'autres matériaux contributeurs au sein des locaux, et aux effets potentiels des produits ménagers utilisés, a concouru aux résultats particulièrement élevés enregistrés au mois de septembre dernier, lorsque les températures ont été plus élevées.

Rapportés à la surface totale de chaque matériau, ces taux d'émission permettent de visualiser les surfaces les plus contributives en formaldéhyde en hiérarchisant les émissions dites totales par source, dans la pièce. Sans conteste, et au regard de la surface couverte par le plafond, ce dernier se révèle être le plus contributeur (63 %) présentant des émissions de l'ordre de **1400 à plus 1600 µg/h**, pouvant être expliquées par la présence des panneaux sandwichs sous toiture. Les autres sources apparaissent bien moins contributives en proportion (de 1 à 10 %).

Des actions de remédiation au niveau de la source majeure que sont ces panneaux sandwichs pourraient être envisagées afin d'abaisser durablement les concentrations en formaldéhyde dans l'air intérieur de 2 classes.

Par ailleurs, des actions complémentaires portant sur les autres sources contributives (stockage adapté des fournitures scolaires émettrices, telles que peintures, colles...) ou encore le choix et l'utilisation plus raisonnée de produits d'entretien, pourraient également permettre de diminuer les niveaux de formaldéhyde en air intérieur, notamment en période estivale (de plus forte émissivité). Il apparaît en effet que 90% des produits d'entretien émettent du formaldéhyde bien que ce dernier n'apparaisse pas dans leur composition.

Une aération encore plus importante (ouverture des fenêtres au maximum et de façon régulière) de ces locaux durant les périodes d'inoccupation (le matin à 10h15/10h50 pour éviter le pic de CO₂ de 10h30/11h puis l'après-midi à 15h30/15h45 afin d'éviter celui de 16h) pourrait également tendre à diminuer les niveaux en formaldéhyde rencontrés, et à minimiser l'exposition des occupants de ces classes.