

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



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

Rapport d'étude 2014

Mesures de la qualité de l'air dans 3 établissements accueillant des enfants en bas- âge, crèches et école maternelle neuves ou rénovées.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation
du service Santé Environnement de la ville de Rennes

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur www.airbreizh.asso.fr, dans la rubrique téléchargement.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné t, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. **Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.**

Remerciement

Air Breizh remercie le service Santé Environnement de la ville de Rennes ainsi que l'ensemble du personnel des écoles, pour leur collaboration.

Contribution

Service Etudes	Validation
Karine LE MEHAUTE-REY	Magali CORRON

Sommaire

Glossaire	3
I. Introduction	4
II. Présentation d’Air Breizh	4
III. Polluants étudiés	5
III.1. COV	5
III.2. Dioxyde de carbone (CO ₂)	6
III.3. Monoxyde de carbone (CO)	6
IV. Matériel et Méthode	7
IV.1. Métrologie	7
a. Benzène et formaldéhyde	7
b. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort	7
IV.2. Localisation des prélèvements	7
a. Choix des établissements	7
b. Choix des sites	9
c. Choix de l’emplacement du prélèvement dans la salle	9
IV.3. Déroulement de la campagne	10
V. Résultats	10
V.1. Qualité des mesures	11
V.2. Formaldéhyde et Benzène	11
a. Résultats des mesures et comparaison avec les valeurs de référence	11
b. Comparaison entre les campagnes de mesures hivernale et estivale	13
c. Comparaison avec d’autres campagnes de mesure du formaldéhyde	13
a. Résultats des mesures intérieures et comparaison avec les valeurs de référence	14
b. Comparaison entre les campagnes de mesures hivernale et estivale	15
c. Comparaison avec les résultats de la campagne pilote	15
V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone	16
V.4. Paramètres de confort	19
VI. Conclusions	21

Glossaire

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CO	Monoxyde de carbone
COV	Composé Organique Volatil
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
ERP	Etablissement Recevant du Public
HCSP	Haut Conseil en Santé Publique
HR (%)	Humidité Relative en pourcentage
kPa	Kilo Pascal
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
µg/m ³	microgramme par mètre cube
mg/m ³	milligramme par mètre cube
N (vol/h)	Taux de renouvellement d'air en volume par heure
NO ₂	Dioxyde d'azote
O ₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PM10	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres
PM2,5	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 micromètres
ppm	partie par million (unité de mesure des concentrations de polluants)
SO ₂	Dioxyde de soufre
T(°C)	Température en degré Celsius
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
RSD	Règlement Sanitaire Départemental
Véh/j	Véhicules par jour
VGAI	Valeur Guide de Qualité de l'Air Intérieur

I. Introduction

À la suite des différentes études réalisées depuis 2007 dans différentes écoles de la ville de Rennes, l'objectif de cette nouvelle étude est de caractériser la qualité de l'air intérieur à **des établissements d'accueil de petite enfance neufs ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation**. Dans le cadre de cette étude, des prélèvements ont été réalisés dans trois établissements d'accueil de la ville de Rennes. Pour la période hivernale, une première campagne de mesure a été menée tout début janvier 2014 pour deux établissements et fin février 2014 pour le troisième. Une deuxième campagne de mesure correspondant à la période dite estivale s'est déroulée pendant les mois de Mai pour ce qui est des 2 crèches, et de septembre en ce qui concerne les classes de l'école maternelle Jules Isaac.

La qualité de l'air intérieur est importante à prendre en considération dans la mesure où nous passons 80 à 90 % de notre temps dans des lieux clos : habitation, lieu de travail, moyens de transport, école, dans lesquels nous respirons un air différent de l'air extérieur. Il est essentiel d'investiguer la qualité de l'air au sein des établissements scolaires dans lesquels les enfants, population la plus sensible, passent une grande partie de leur temps.

Différents facteurs peuvent influencer la qualité de l'air intérieur et sont susceptibles d'engendrer des effets sur la santé de l'Homme :

- les appareils à combustion (monoxyde de carbone, dioxyde d'azote) ;
- les constituants du bâtiment, incluant les matériaux de construction et les mobiliers (plomb des peintures, formaldéhyde, COV, fibres de toutes sortes, acariens) ;
- l'activité humaine (CO₂, vapeur d'eau, moisissures, produits ménagers, bricolage, etc...).

L'environnement extérieur et notamment le trafic routier constitue également une source de pollution pour l'air intérieur. Les bâtiments situés à proximité de voies de circulation denses sont logiquement les plus exposés à ce type de pollution.

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), les aldéhydes et les BTEX, et plus particulièrement le formaldéhyde et le benzène, font partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire. Ils font partie du groupe des composés «hautement prioritaires».

II. Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par 26 associations régionales agréées (AASQA), constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh, depuis 1986. Les missions réglementaires d'Air Breizh sont :

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, BTEX, PM₁₀ et PM_{2,5}) dans l'air ambiant;
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information ;
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation, apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesures à l'aide de moyens mobiles.

III. Polluants étudiés

III.1. COV

Les composés organiques volatils (COV) sont des composés contenant au moins un élément carbone et un ou plusieurs autres éléments (hydrogène, halogène, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote). Ils regroupent tous les composés organiques dont le point d'ébullition, mesuré à la pression standard de 101,3 kPa, est inférieur ou égal à 250 °C (Définition du décret 2006-623 du 29 mai 2006 [1]). Le benzène et le formaldéhyde font partis de cette famille de composés.

Produit chimique largement utilisé, notamment dans les éléments de décoration, d'ameublement et dans certains matériaux de construction, le formaldéhyde peut se retrouver en forte concentration en air intérieur. Substance très volatile, la principale voie d'exposition est l'inhalation. De par ses caractéristiques, elle ne pénètre pas en profondeur dans l'organisme mais se dépose principalement dans la partie supérieure des voies respiratoires. En 2004, le formaldéhyde a été classé *cancérogène pour l'homme* par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC).

Le benzène est présent dans les carburants automobiles ainsi que dans de nombreux produits dérivés du pétrole et est émis par les processus de combustion. On le retrouve, lui aussi, à l'intérieur des bâtiments de par ses sources intérieures mais également extérieures. Une exposition aiguë, intermédiaire ou chronique au benzène est susceptible d'entraîner des effets néfastes sur la santé humaine. Considéré comme un composé aromatique des plus toxiques, il est connu pour ses effets mutagènes et cancérogènes. Il fait, par ailleurs, l'objet d'une réglementation dans l'air extérieur.

	Effets sur la santé	Sources
Formaldéhyde	Irritations de la peau, des yeux et des voies respiratoires. Classé cancérogène certain (CIRC)	Panneaux de particules, panneaux de fibres, contreplaqués, certains matériaux d'isolation, peintures à phase solvant, livres et magazines neufs, cosmétiques, parfums, cigarettes, photocopieurs.
Benzène	Effets cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques Classé cancérogène certain (CIRC)	Gaz d'échappement, processus de combustion (dont le tabagisme), activités industrielles, certains matériaux de construction

Effets sur la santé et sources d'émissions du formaldéhyde et du benzène

Nom	VGAI chronique et aigue de l'Anses*	Valeurs réglementaires	
		VGAI **	Valeurs de gestion ***
Formaldéhyde	<u>50 µg/m³</u> sur 2 heures, <u>10 µg/m³</u> en exposition chronique.	<u>30 µg/m³</u> pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2015) <u>10 µg/m³</u> pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2023)	100 µg/m ³
Benzène	<u>30 µg/m³</u> en moyenne sur 14 jours, <u>2 µg/m³</u> pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁵	<u>5 µg/m³</u> pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2013) <u>2 µg/m³</u> pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2016)	10 µg/m ³

Valeurs réglementaires du formaldéhyde et du benzène

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

* Il s'agit de Valeurs Guides pour l'Air Intérieur (VGAi) en exposition chronique et aiguë, définies par l'Anses en 2007.

** Il s'agit de Valeurs Guides pour l'Air Intérieur (VGAi) publiées dans le « Décrets n°2011-1727 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public ». Ces VGAi sont à atteindre dans la mesure du possible afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs.

*** Il s'agit de valeurs de référence, publiées dans le « Décret n° 2012-14 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public », pour lesquelles des investigations complémentaires doivent être menées, en cas de dépassement.

Pour ces deux substances, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a défini des valeurs de gestion de la qualité d'air intérieur pour la mise en place d'actions [2] [3] :

Formaldéhyde	Benzène	Actions à mettre en œuvre
< 20 µg/m ³	< 2 µg/m ³	Valeurs satisfaisantes, pas d'action particulière mise en place.
entre 20 et 50 µg/m ³	entre 2 et 5 µg/m ³	Actions d'amélioration de la situation et de sensibilisation du personnel, laissées à l'initiative du Directeur d'établissement et du Maire
> 50 µg/m ³	> 5 µg/m ³	Investigations supplémentaires fortement recommandées. Identification des sources et engagement rapide d'actions d'amélioration de la situation
> 100 µg/m ³	> 10 µg/m ³	Diagnostic approfondi des sources afin de fournir au Directeur d'établissement et au Maire des préconisations de travaux et/ou de réorganisation des activités

III.2. Dioxyde de carbone (CO₂)

Dans les bâtiments, les émissions de dioxyde de carbone sont dues à la respiration des occupants. Lors de l'inspiration, le dioxygène (O₂) passe au travers du système respiratoire et se fixe sur les hématies (globules rouges). Le sang oxygéné est transporté par les artères et est acheminé vers les différents organes où se produit la respiration cellulaire. Le dioxygène est alors utilisé pour une réaction d'oxydo-réduction visant à fournir de l'énergie à la cellule. Cette réaction produit du dioxyde de carbone (CO₂) qui, dissout dans le plasma, est acheminé vers les poumons via les veines puis expulsé à l'expiration.

Contrairement aux COV, le dioxyde de carbone ne présente pas de toxicité pour l'homme aux concentrations observées dans les atmosphères intérieure et extérieure. Cependant, lorsque le niveau de CO₂ est élevé, le processus de respiration cellulaire peut être perturbé. La molécule rentre en compétition avec le dioxygène en se fixant elle aussi sur les globules rouges. L'organisme est alors susceptible de manquer d'oxygène et un état de fatigue ainsi qu'une diminution de l'attention sont ressentis notamment chez les enfants. En effet, une étude européenne a démontré que la concentration des élèves diminuait lorsque les niveaux de CO₂ augmentaient [4].

La teneur en CO₂ est représentative du niveau de confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé et moins bonne devrait être la qualité de l'air dans la pièce.

Le règlement sanitaire départemental type (RSD) impose de ne pas dépasser la concentration de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

III.3. Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore et inodore. Il est émis lors d'une combustion incomplète et ce, quel que soit le combustible utilisé : bois, gaz naturel, charbon, essence, butane, fuel, pétrole. Absorbé rapidement par l'organisme, il se fixe sur les globules rouges avec plus d'affinités que

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

l'oxygène. Les organes les plus sensibles à cette diminution de l'oxygénation sont le cerveau et le cœur. L'inhalation de CO entraîne des maux de tête et des vertiges. Nausées et vomissements apparaissent à forte concentration.

En cas d'exposition à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir un effet asphyxiant mortel. Le monoxyde de carbone est responsable, en moyenne chaque année, d'une centaine de décès [5].

Les valeurs de recommandation de l'OMS sont les suivantes :

- 100 mg/m³ pour une moyenne sur 15 min
- 30 mg/m³ pour une moyenne sur 1h
- 10 mg/m³ pour une moyenne sur 8h

IV. Matériel et Méthode

IV.1. Métrologie

a. Benzène et formaldéhyde

La méthodologie proposée s'appuie sur les préconisations de la norme NF ISO 16000-2 relative à la stratégie d'échantillonnage pour l'analyse du formaldéhyde dans l'air intérieur.

Pour la mesure des composés organiques volatils, la technique de l'échantillonnage passif par tube à diffusion 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 concentration des composés, durant la période d'échantillonnage. Afin d'assurer une durée de prélèvement suffisante, les tubes sont installés le lundi et retirés le vendredi suivant.



Tubes passifs installés dans une salle de classe

b. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort



Analyseur

L'utilisation d'analyseur spécifique permet le suivi en continu de 4 paramètres : la température, l'humidité, le CO et le CO₂ (mesure toutes les 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 enfants et des adultes dans la classe. Afin d'assurer une bonne représentativité des mesures, une période d'échantillonnage de 4,5 jours a été retenue (installation d'un analyseur le lundi matin et récupération vendredi après-midi).

IV.2. Localisation des prélèvements

a. Choix des établissements

Dans le cadre de cette étude, 3 établissements ont fait l'objet de prélèvements. Il s'agit de 2 crèches neuves ou rénovées et d'une école maternelle de la ville de Rennes ayant fait l'objet de travaux de rénovation en 2013. Ces établissements ont été choisis afin d'évaluer l'impact potentiel des travaux de rénovation sur la qualité de l'air intérieur.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

- La **Crèche neuve Loris Malaguzzi**, située rue de l'Alma, à proximité de l'avenue Henri Fréville à Rennes et réceptionnée à l'été 2013.

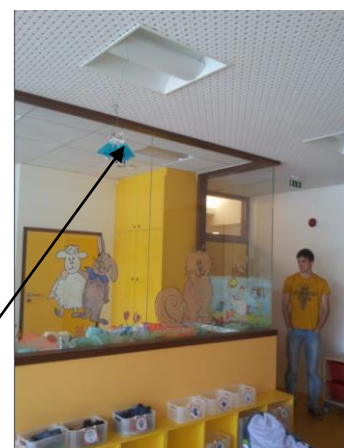


Logements sur 3 niveaux

Crèche sur 2 niveaux
RDC + 1er

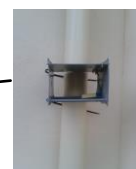


Cour extérieur

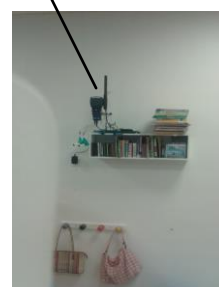


Prélèvements dans une unité d'accueil
située en RDC

- La **Crèche Alain Gerbault**, située au centre-ville, en bordure de Vilaine, et ayant fait l'objet de travaux de rénovation en 2012.

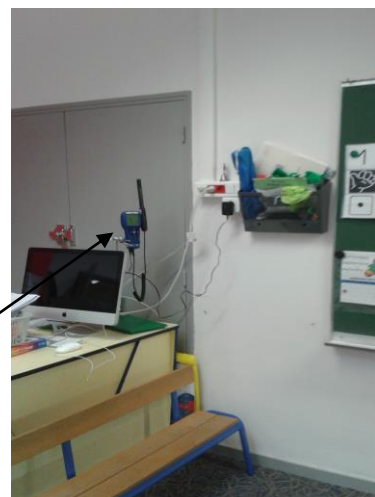


Tube extérieur
Cour



MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

- L'école **maternelle Jules Isaac** où le bâtiment a fait l'objet de travaux de rénovation en 2008, puis en 2013. La classe des PS/TPS a ainsi été investiguée sur les 2 périodes de mesures (hivernale et estivale) et la classe attenante (MS/PS), dépourvue de système de ventilation, a également fait l'objet de prélèvements afin de pouvoir comparer les concentrations en air ambiant dans les 2 classes.



Prélèvements en air intérieur salles TPS/PS et PS/MS

Le choix des établissements s'est effectué en concertation avec le service Santé Environnement de la ville de Rennes.

b. Choix des sites

Au cours des campagnes de mesures, Air Breizh a mesuré les concentrations en Benzène, en Formaldéhyde, en Dioxyde de carbone ainsi que les paramètres de confort (température et humidité relative), dans une salle de classe ou unité d'accueil de chaque établissement sélectionné. Pour le Benzène, un deuxième point de prélèvement a été placé à l'extérieur, afin de déterminer l'impact éventuel des sources externes sur la qualité de l'air dans ces établissements.

c. Choix de l'emplacement du prélèvement dans la salle

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

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

Le point de prélèvement est donc représentatif de l'exposition moyenne. Il est éloigné, autant que possible, des courants d'air, des zones proches des portes et fenêtres, des sources de chaleur et des sources d'émissions, et placé à plus de 50 cm des parois de la pièce.

IV.3. Déroulement de la campagne

La campagne de mesures hivernale a été menée du **06 au 10 janvier 2014** à l'école maternelle Jules Isaac ainsi qu'à la crèche Loris Malaguzzi. La crèche Alain Gerbault a été investiguée, quant à elle, du **24 au 28 février 2014**.

Concernant les campagnes estivales, les mesures se sont déroulées du **19 au 23 Mai 2014** dans les 2 crèches (L Malaguzzi et A.Gerbault) et du **15 au 19 septembre 2014** à l'école Jules Isaac, du fait de l'installation préalable d'un système de ventilation dans l'une des 2 classes investiguée sur cette période.

Chaque classe a été équipée :

- de tubes à diffusion passive pour la mesure du benzène et du formaldéhyde,
- d'un analyseur permettant le suivi en continu du CO₂, de la température et de l'humidité relative.

En parallèle de ces mesures, et pour chaque établissement investigué, un prélèvement de benzène a aussi été réalisé en extérieur.

Prélèvements extérieurs en benzène



V. Résultats

V.1. Qualité des mesures

Les résultats sont donnés pour une température de 20°C et une pression de 1013 hPa.

Les concentrations obtenues sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Des prélèvements intérieurs ont été effectués en doublon, afin de valider les résultats et de vérifier la reproductibilité des mesures.

Des blancs de terrain ont suivi le même parcours que les tubes exposés, à l'exception du prélèvement, et sont donc témoins d'éventuelles contaminations durant le stockage et le transport. Les valeurs des blancs (faibles par rapport aux quantités prélevées dans les échantillons) ont été soustraits aux concentrations des échantillons.

V.2. Formaldéhyde et Benzène

V.2.1 Formaldéhyde

a. Résultats des mesures et comparaison avec les valeurs de référence

Les concentrations en formaldéhyde mesurées en hiver et en été dans les différentes classes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Concentration en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Crèche Loris Malaguzzi	Crèche Alain Gerbault	Ecole maternelle Jules Isaac	
			Classe TPS/PS (ventilation)	Classe MS/PS
Campagne hivernale	10,85	8,5	59,5	/
Campagne estivale	22,9	12,05	112	120,1
Moyenne	16,87	10,27	85,75	/

Concentrations en formaldéhyde

Les résultats de la campagne hivernale sont bien inférieures à la valeur réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les crèches L. Malaguzzi et A. Gerbault (ainsi qu'à la valeur repère de gestion de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et sont proches, voire inférieures à la VGAI de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans ces deux établissements.

La seule concentration en formaldéhyde relevée en période hivernale, et dépassant cette fois, très largement non seulement la valeur réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mais également la valeur repère de gestion de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est la concentration relevée dans la classe investiguée en janvier à l'école maternelle Jules Isaac. Les valeurs relevées atteignant environ $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en période hivernale, des investigations supplémentaires sont recommandées via la mise en place d'actions d'amélioration de la situation. La mise en place d'un système de ventilation au sein de la classe investiguée est alors préconisée avant la mise en place des prélèvements à effectuer en période estivale.

Concernant cette dernière, les niveaux en formaldéhyde enregistrés au sein des 3 établissements investigués sont supérieurs aux concentrations précédentes, relevées en période hivernale.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Dans ce contexte où les températures ambiantes sont généralement plus élevées, les concentrations relevées dans les 2 crèches restent inférieures à la valeur réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et proche, pour l'une (crèche Alain Gerbault), de la valeur repère de gestion établie à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

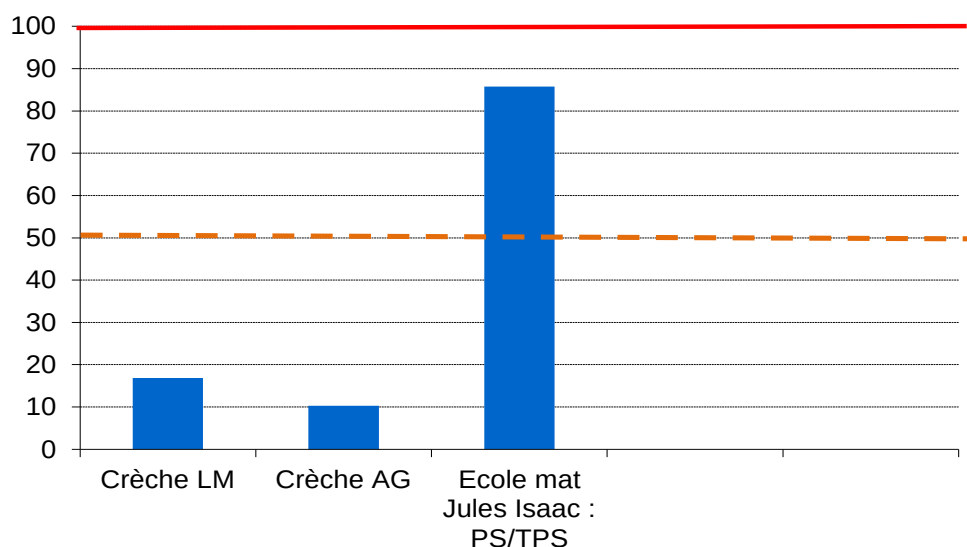
Les moyennes des valeurs, établies sur les 2 périodes de mesures, et permettant d'obtenir une meilleure représentativité des valeurs d'exposition sur l'année, sont alors respectivement de **$16,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$** pour la crèche neuve Loris Malaguzzi et de **$10,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , en ce qui **concerne la crèche rénovée Alain Gerbault**.

Ces niveaux sont donc satisfaisants et ne nécessitent pas la mise en œuvre d'actions correctives particulières, pour ce polluant, au sein de ces 2 établissements.

En revanche, les concentrations en formaldéhyde relevées au sein de l'**école maternelle Jules Isaac**, qui déjà avaient présenté des résultats élevés en période hivernale, ont atteint cette fois des valeurs particulièrement élevées au sein des 2 classes investiguées en cette période estivale, et ce, malgré l'installation d'un système de ventilation dans la classe des PS/TPS ainsi que l'ouverture des fenêtres et des portes lors de cette semaine de prélèvements, où les températures ambiantes ont été relativement élevées.

Les niveaux dans les 2 classes investiguées ont ainsi présenté des **valeurs supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , nécessitant un **diagnostic approfondi des sources** en vue d'actions à mettre en œuvre. Notons que ces valeurs représentent des valeurs maximales rencontrées au cours de l'année, les températures moyennes au cours de cette semaine de prélèvements ayant atteint les 23°C , favorisant l'augmentation des taux d'émissivité des matériaux au sein des 2 classes, déjà élevé en hiver 2014.

Les moyennes des résultats des deux périodes de mesure du formaldéhyde, ainsi que la valeur repère du HCSP, sont récapitulées dans le graphique ci-dessous :

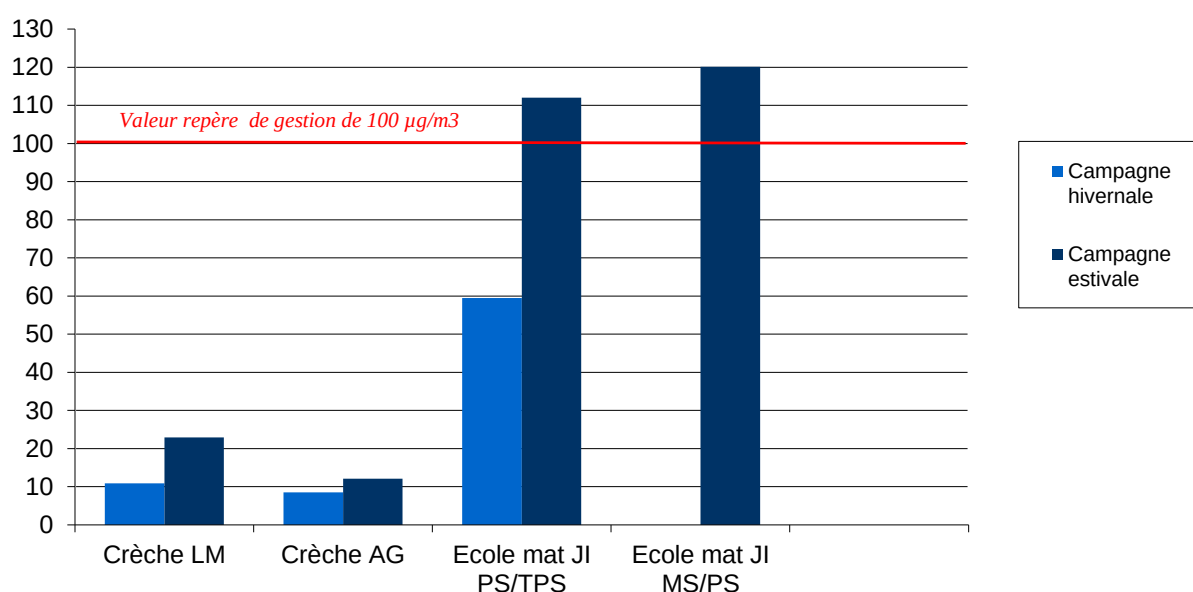


MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Les moyennes des résultats rencontrés dans les 2 crèches sont inférieures à la valeur repère de gestion du HCSP, puisqu'elles se situent entre **10 et 16,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** alors que la moyenne des concentrations relevées à l'école maternelle Jules Isaac, atteint les **85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** dépassant ainsi très largement les 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur pour laquelle, il est recommandé d'approfondir les investigations

b. Comparaison entre les campagnes de mesures hivernale et estivale

Généralement, les concentrations en formaldéhyde sont plus élevées en période estivale qu'en période hivernale, principalement en raison de la volatilité du formaldéhyde en lien avec la température de la pièce. En effet, pour une même source d'émission de formaldéhyde, plus la température sera élevée et plus les émissions seront fortes.



Pour l'ensemble des 3 établissements investigués cette année, ce constat est avéré puisque toutes les concentrations estivales relevées sont supérieures aux valeurs hivernales. Cette augmentation est davantage marquée à la crèche Loris Malaguzzi pour laquelle la concentration entre les deux périodes a évolué d'un facteur de 2. De même, les niveaux relevés à Jules Isaac ont quasiment doublé, passant de 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. D'après les informations relevées auprès des enseignants sur les période de prélèvements, aucun événement particulier, susceptible d'expliquer cette importante hausse, ne s'est produit pendant la campagne estivale. En revanche, il est possible que l'augmentation de la température moyenne dans la classe (23,3°C contre 19/20°C en hiver) ait favorisé l'émission des matériaux en été.

c. Comparaison avec d'autres campagnes de mesure du formaldéhyde

Pour comparaison, les **concentrations en formaldéhyde mesurées dans les 2 crèches investiguées** se situent dans l'intervalle de **10 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** dans lequel la majorité des concentrations en formaldéhyde a pu être enregistrée pendant la campagne nationale de mesures dans les écoles et crèches portant sur 300 établissements en France.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Etude	Établissements investigués	Répartition des moyennes annuelles en formaldéhyde (à l'échelle de l'établissement)				
		0 à ≤ 10 µg/m ³	10 à ≤ 30 µg/m ³	30 à ≤ 50 µg/m ³	50 à ≤ 100 µg/m ³	≥ 100 µg/m ³
Campagne Nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	18,4 %	71,0 %	9,0 %	1,6 %	-

Comparaison avec les résultats en formaldéhyde de la campagne pilote

Plus précisément, 50% des établissements investigués lors de la campagne nationale présente une moyenne annuelle, à l'échelle de l'établissement, inférieure à 15,7 µg/m³.

Concernant **les résultats rencontrés à l'école maternelle Jules Isaac**, rappelons que les concentrations en formaldéhyde rencontrées sont particulièrement élevées, rappelant les niveaux relevés lors des investigations réalisées au cours des années précédentes, à l'école élémentaire Jules Isaac.

Les bâtiments des 2 écoles étant de conception identique, il est fort possible qu'une source fortement émettrice, inhérente et commune aux 2 bâtiments soit responsable de ces concentrations en formaldéhyde particulièrement élevées.

V.2.2. Benzène

a. Résultats des mesures intérieures et comparaison avec les valeurs de référence

Les concentrations en benzène mesurées en hiver et en été dans les différentes classes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

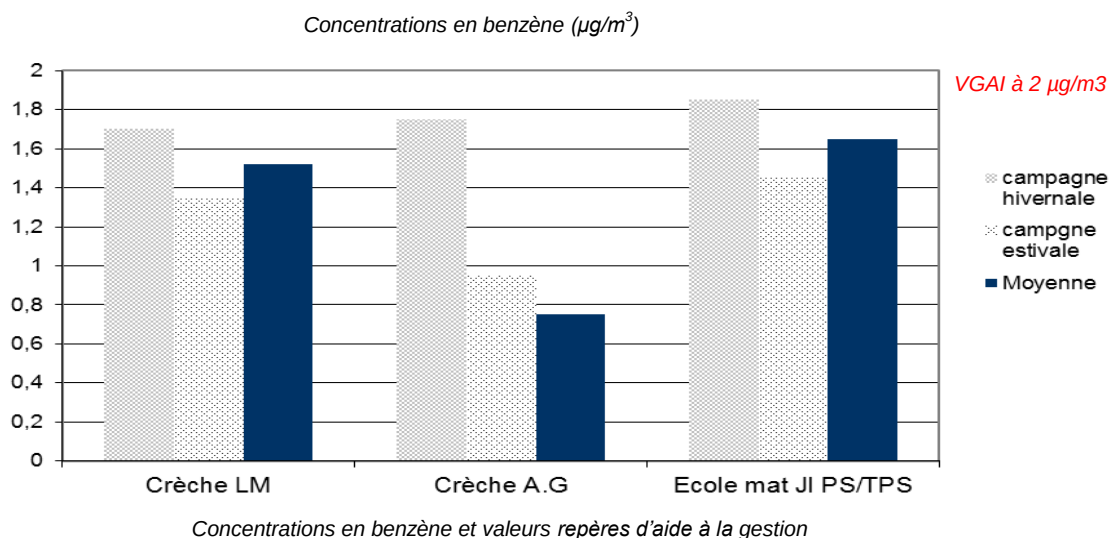
Concentrations en benzène (µg/m ³)	Crèche Loris Malaguzzi		Crèche Alain Gerbault		Ecole maternelle Louise Michel		
	int	ext	int	ext	Classe TPS/PS (ventilation)	Classe MS/PS	Ext
Campagne hivernale	1,7	0,9	1,75	1,1	1,85	/	0,8
Campagne estivale	1,35	0,6	0,95	0,2	1,45	2,3	1,2
Moyenne	1,52	0,75	1,35	0,65	1,65	/	1

Concentrations intérieures et extérieures en benzène

Aucun des résultats des deux campagnes de mesure réalisées dans les 3 établissements ne dépasse la **valeur guide de 2 µg/m³** pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10⁻⁵.

Les résultats obtenus en air intérieur ainsi que les valeurs repères d'aide à la gestion du HCSP sont présentés dans le graphique ci-dessous :

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES



Pour le benzène, l'ensemble des 3 établissements présente des concentrations inférieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en été comme en hiver, et ne présente donc aucune moyenne supérieure à cette valeur au cours de ces périodes de prélèvements.

b. Comparaison entre les campagnes de mesures hivernale et estivale

Globalement, les concentrations à l'intérieur des établissements varient peu entre les deux périodes. Le fort ratio I/E obtenu pendant cette période, suggère l'apport majoritaire de sources intérieures.

Comme pour le formaldéhyde, l'augmentation de la température moyenne dans la classe, en été, est un des facteurs pouvant expliquer cette concentration élevée.

c. Comparaison avec les résultats de la campagne pilote

Etude	Établissements investigués	Répartition des moyennes annuelles en benzène (à l'échelle de l'établissement)			
		$0 \leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$2 \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$5 \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne Nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	42,6 %	56,1 %	1,3 %	-

Concentrations intérieures en benzène

Comme 42,6 % des établissements étudiés lors de la campagne nationale, les 3 établissements investigués présentent une concentration moyenne en benzène inférieure à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone

V.3.1 Monoxyde de carbone

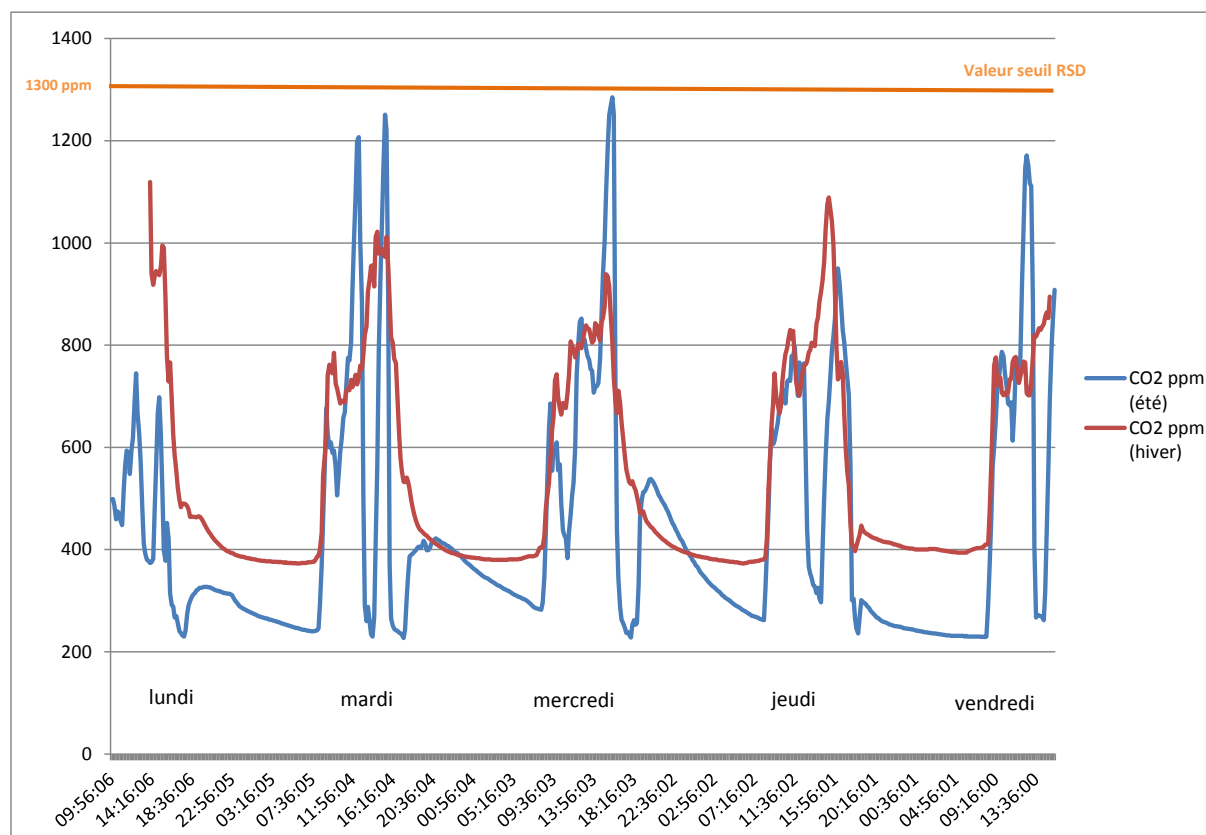
Toutes les concentrations en monoxyde de carbone enregistrées pendant les deux périodes sont comprises entre 0 et 1 mg/m³. Les résultats sont donc inférieurs et conformes à l'ensemble des valeurs de recommandations de l'OMS (100 mg/m³ sur 15 min, 30 mg/m³ sur 1h, 10 mg/m³ sur 8h) et ce, pour les 3 établissements investigués.

V.3.2 Dioxyde de carbone

L'évolution de la teneur en CO₂ est particulièrement bien corrélée avec les temps d'occupation des salles. Une élévation rapide de la quantité de CO₂ est généralement constatée dès l'arrivée des enfants dans les locaux. Le reste de la journée est marqué par des variations en dents de scie du CO₂, selon le degré d'occupation de la salle et le rythme d'ouverture des portes et fenêtres. En fin de la journée, la concentration revient habituellement à son niveau de fond (entre 200 et 400 ppm).

V.3.2.1 Dioxyde de carbone : Crèche neuve Loris Malaguzzi

Évolution du taux de CO₂ au cours de la semaine Crèche Loris Malaguzzi - Périodes hivernale et estivale



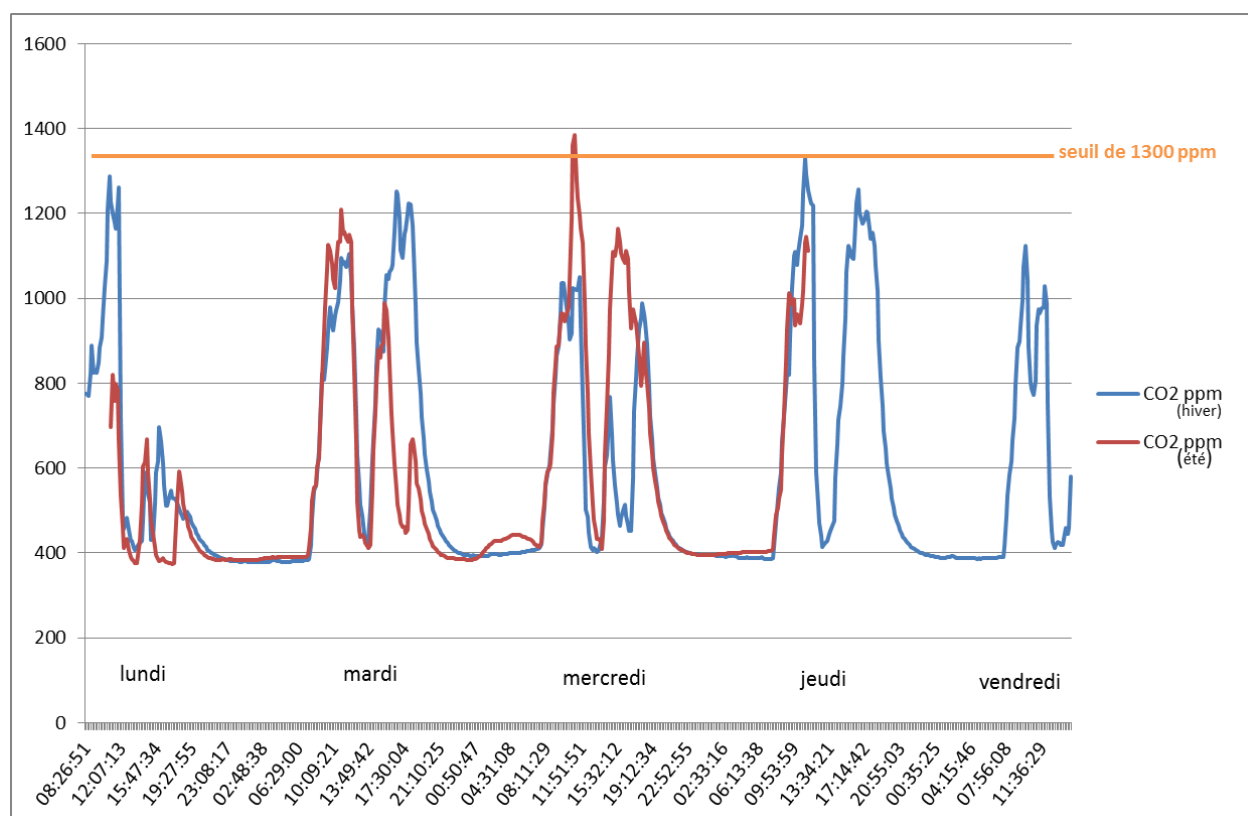
Les pics de CO₂ enregistrés au cours des 2 périodes de mesures restent en deçà de la valeur seuil recommandée de 1300 ppm, illustrant des niveaux globalement satisfaisants au cours des 2 périodes de prélèvement. Notons cependant que les concentrations en CO₂ enregistrées en période estivale se différencient par une amplitude plus marquée des valeurs extrêmes relevées.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Quelle que soit la période, les évolutions des taux de CO₂ sont réguliers et cycliques. Ils traduisent des taux de renouvellement d'air satisfaisants au sein de l'unité de vie investiguée.

V.3.2.2 Dioxyde de carbone : Crèche rénovée Alain Gerbault

Évolution du taux de CO₂ au cours de la semaine – Crèche Alain Gerbault Périodes hivernale et estivale

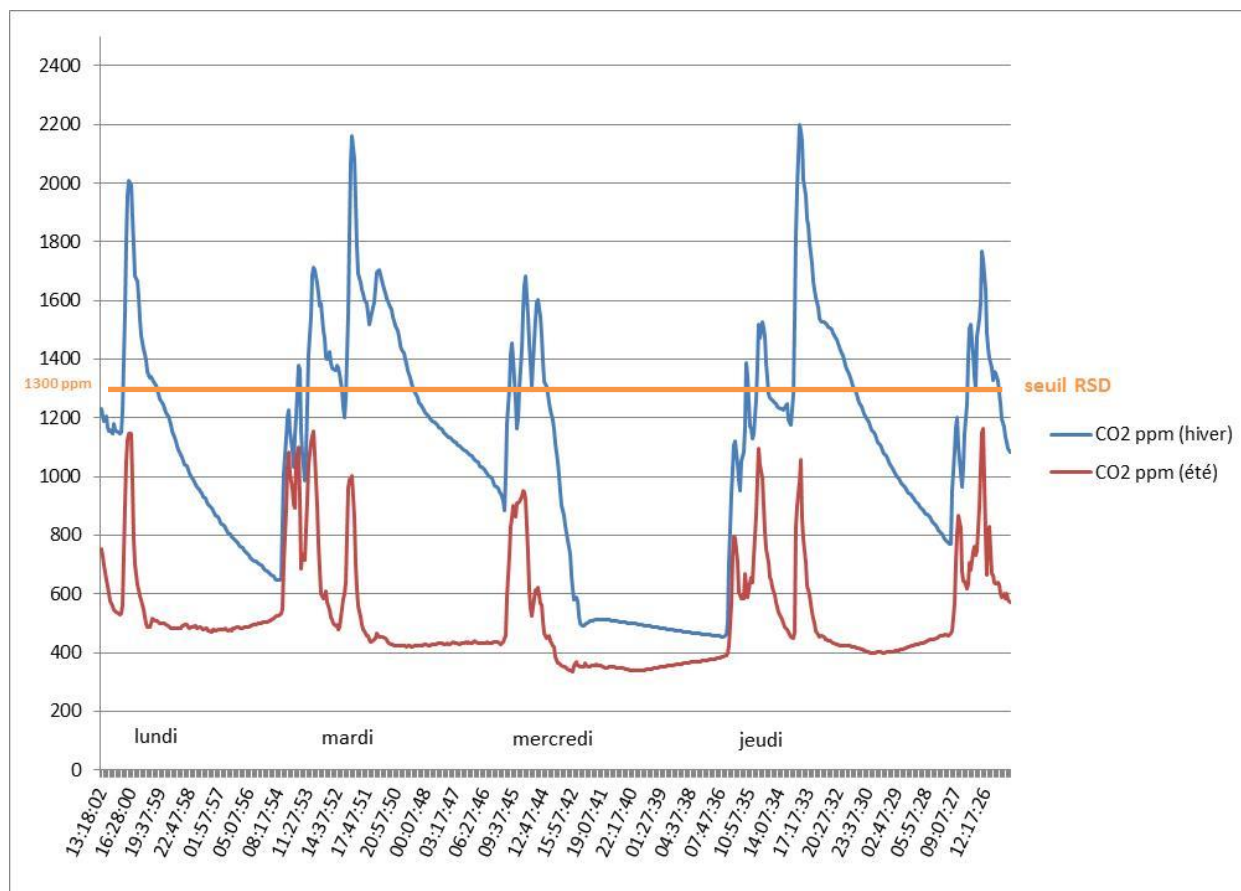


Les concentrations en CO₂ au cours de la semaine de mesures sont également satisfaisantes au sein des locaux de la crèche Alain Gerbault, en hiver, comme en été, et ne dépassent qu'une seule fois la valeur seuil de 1300 ppm, en période estivale. Les phases de croissance et de décroissance sont régulières, cycliques et semblent bien corrélées entre les périodes hivernales et estivales. Rappelons que l'enregistrement en continu sur la période estivale, n'a pas été complet du fait d'une coupure d'électricité survenue en fin de matinée sur la journée du jeudi. Les cycles apparaissent cependant bien réguliers sur les 3 premières journées de la semaine, illustrant les 2 pics journaliers lors de chaque période de mesures. Ils attestent du bon fonctionnement du système de ventilation présent au sein de cette unité de vie et par conséquent, d'un taux de renouvellement d'air satisfaisant soulignant l'absence de confinement.

V.3.2.3 Dioxyde de carbone : Ecole maternelle Jules Isaac

Pour rappel, les mesures en continu du CO₂ dans cette école, présentées ci-dessous, ont été enregistrées dans la classe des PS/TPS.

Évolution du taux de CO₂ au cours de la semaine - Classe des PS/TPS- Ecole maternelle Jules Isaac / Périodes hivernale et estivale



A l'école maternelle Jules Isaac, au sein de la classe des PS/TPS la différence est bien plus marquée entre les 2 périodes de mesures hivernales et estivales. L'enregistrement des concentrations en CO₂ en période hivernale, montre des niveaux bien plus élevés en hiver qu'en été, avec des pics de concentrations dépassant largement la valeur des 1300 ppm recommandée par le règlement sanitaire départemental, atteignant 2200 ppm. L'insuffisance du renouvellement d'air s'illustre également par des phases de décroissance plus lentes, indiquant que le taux de renouvellement d'air au sein de cette classe est insuffisant et le confinement, trop important.

Les concentrations en CO₂ enregistrées en période estivale montrent des taux bien moindres, restant en deçà de la valeur seuil de 1300 ppm recommandée. Les cycles sont réguliers et bien marqués sur chaque journée, et les pics estivaux apparaissent bien corrélés aux pics hivernaux reflétant la cohérence temporelle des valeurs maximales enregistrées en présence des enfants. Les phases de décroissance apparaissent quant à elles, bien plus rapides en période estivale suggérant un bien meilleur renouvellement d'air au sein de la pièce investiguée que précédemment, ceci étant corroboré par des niveaux en CO₂ également bien plus faibles, concluant à l'absence de tout confinement en période estivale ainsi qu'à un renouvellement d'air très satisfaisant.

Cette différence notable et marquée entre les 2 campagnes de mesures peut s'expliquer par l'installation au cours de l'été 2014, lors des vacances scolaires et avant la campagne estivale de septembre, d'un **système de ventilation au sein de la classe des PS/TPS**. Ce système, en fonctionnement lors des mesures effectuées au mois de septembre, doublé de pratiques d'aération plus importantes en journée en cette période où les températures ont été sensiblement plus élevées, a donc permis un abaissement remarquable des niveaux en CO₂ précédemment enregistrés dans cette classe, attestant de son efficacité en termes de renouvellement d'air.

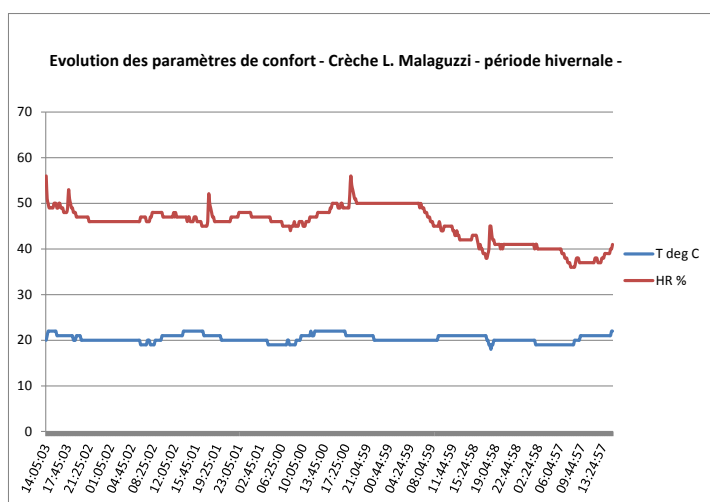
MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

V.4. Paramètres de confort

La température T(°C) et l'humidité relative HR (%) sont les principaux paramètres de confort à prendre en compte. Une faible humidité peut causer des gênes telles qu'un dessèchement de la peau ou une irritation des yeux ou de la gorge. A l'inverse, une humidité importante liée à une température élevée favorise l'apparition d'acariens et de moisissures provoquant, chez certaines personnes, des réactions allergiques. D'après l'OQAI, l'humidité relative doit être comprise entre 40 et 70% et la température entre 18 et 22°C pour que le confort soit optimum.

Les moyennes des températures et humidités relatives, ainsi que l'étendue des valeurs enregistrées pendant le temps d'occupation des classes, sont présentées dans les graphiques ci-dessous :

V.4.1 Température et Humidité ; Crèche Loris Malaguzzi

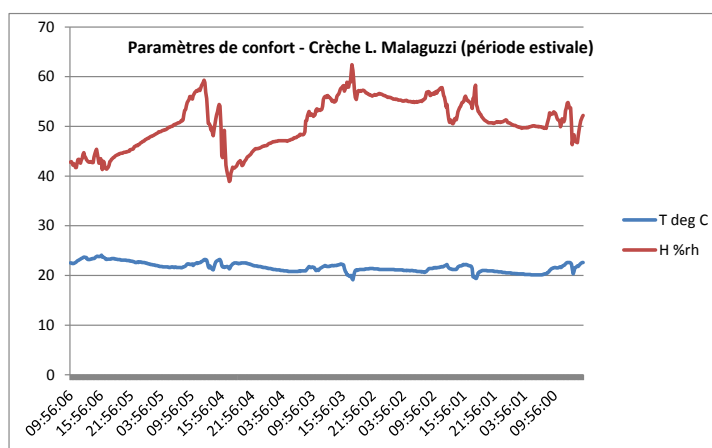


En période hivernale, les températures relevées au sein de l'unité de vie investiguée sont très homogènes, stables et proches des 20 °C tout au long de la semaine.

Le taux d'humidité varie entre 40 et 60 % globalement avec une légère diminution en fin de semaine en deçà des 40 %.

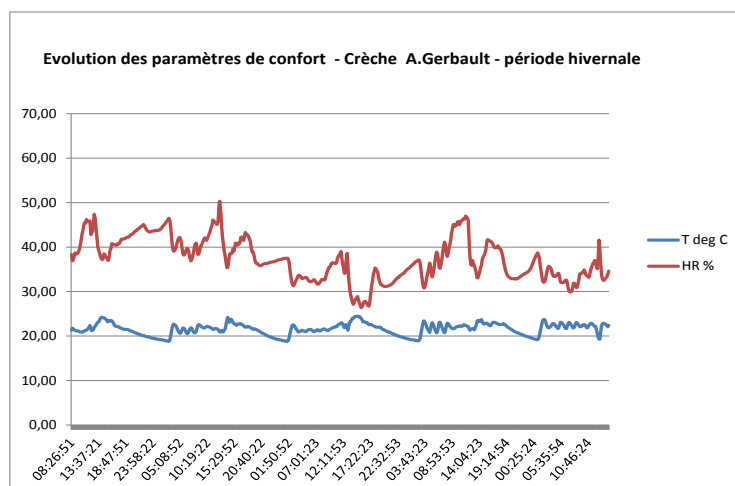
En période estivale, les températures restent régulières, bien qu'en légère hausse du fait des températures extérieures plus élevées et varient entre 20 et 22°C.

Le taux d'humidité relevé est beaucoup plus fluctuant et hétérogène mais reste situé dans la zone de confort préconisée, entre 40 et 60 %.



MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

V.4.2 Température et Humidité ; Crèche Alain Gerbault

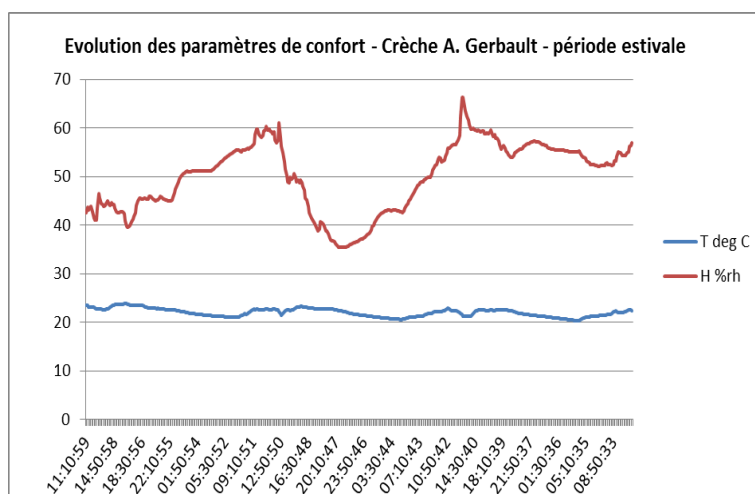


A la crèche Alain Gerbault, les températures relevées en période hivernales sont proches des 21°C, oscillant entre 19,5 et 22 °C.

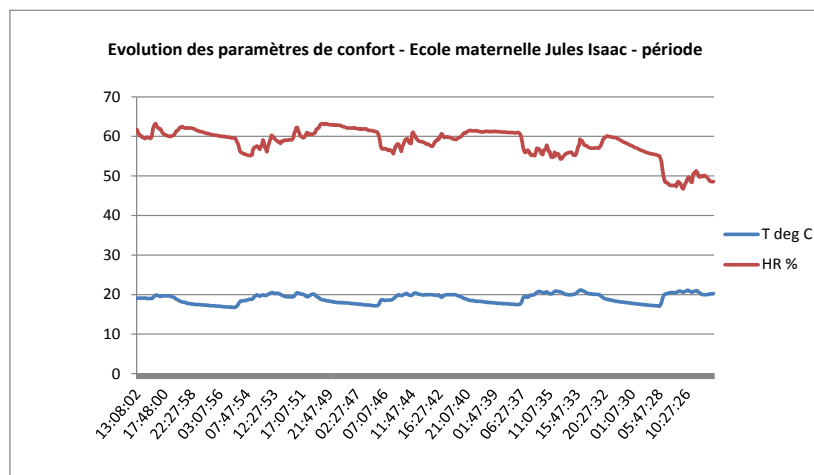
Le taux d'humidité enregistré pour cette même période, se révèle quant à lui, moins élevé que précédemment à la crèche LM, variant de 29 à 50 %, et témoignant ainsi d'un air trop sec. Rappelons que la zone de confort recommandée est plutôt située entre 40 et 70%.

Les températures rencontrées au sein de la crèche Alain Gerbault en période estivale, sont, comme précédemment à la crèche LM, légèrement plus élevées qu'en période hivernale, et situées entre 20 et 23 °C.

Les variations du taux d'humidité relative rencontré sont quant à elles, bien plus importantes et plus élevées en cette période, à l'instar de la crèche LM. Elles se situent entre 35 et 65 % et se situent globalement dans la zone de confort recommandée.



V.4.3 Température et Humidité ; Ecole maternelle Jules Isaac



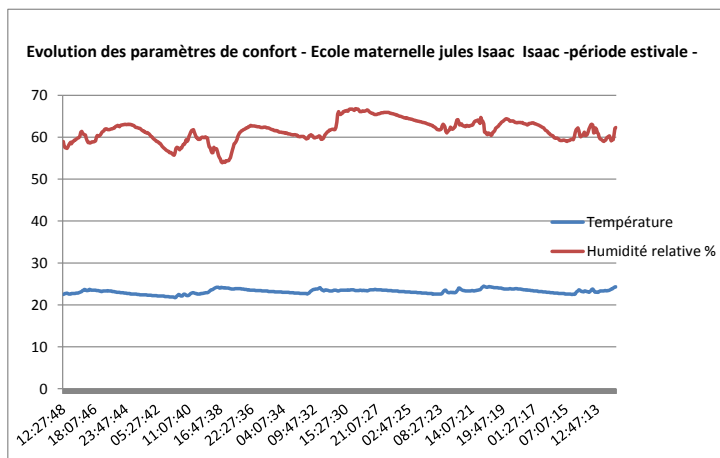
A l'école Jules Isaac, les températures sont globalement inférieures à celles précédemment rencontrées dans les crèches investiguées en hiver. Elles se situent ainsi entre 17,5 et 20°C.

Le taux d'humidité relative est quant à lui, plus élevé qu'au sein des crèches en hiver, situé dans une plage comprise entre 49 et 63%. Les températures moins élevées au sein de la classe peuvent expliquer ce taux d'humidité plus important.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Lors de la période estivale, les températures ont sensiblement augmenté par rapport aux 2 autres bâtiments, se situant entre 22 et 24,5°C.

Le taux d'humidité, compris entre 50 et 70 %, s'est avéré plutôt constant, autour de 60% sur toute la semaine de prélèvement.



V. Conclusions

Cette étude avait pour objectif de caractériser la qualité de l'air intérieur dans 3 établissements d'accueil de petite enfance neufs ou rénovés afin d'évaluer l'impact potentiel des travaux réalisés sur la qualité de l'air intérieur au sein de ces différents établissements.

- **Concernant le formaldéhyde**, les 2 crèches présentent des concentrations moyennes, sur les deux périodes de l'année 2014, **supérieures à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , valeur guide à long terme fixée par l'ANSES. En revanche, aucune ne dépasse la valeur repère de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne, en-dessous de laquelle, la mise en place d'actions correctives est conseillée par l'HCSP. Les concentrations sont également inférieures à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectant ainsi la valeur réglementaire pour ce polluant.

Notons que les concentrations en formaldéhyde relevées au sein de la crèche Alain Gerbault, présentent une faible amplitude entre les 2 périodes d'investigation, révélant des niveaux, pour ce polluant, très satisfaisants, proches des 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec **10,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

La crèche Loris Malaguzzi présente une différence plus marquée entre les concentrations en formaldéhyde relevées en périodes hivernale et estivale. Ainsi, alors qu'elle reste très proche des 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver, les niveaux doublent en période estivale, atteignant 22,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration moyennée sur les 2 périodes d'investigation, de **16,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , reste pour autant acceptable et se situe dans la gamme des concentrations moyennes annuelles en formaldéhyde rencontrées pour 71 % des établissements ayant participé à la campagne nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et crèches (2009-2011).

Les résultats des prélèvements réalisés à l'école maternelle Jules Isaac se démarquent, quant à eux, très nettement des valeurs précédentes et sont nettement supérieures aux valeurs guides en air intérieur voire supérieures aux valeurs limites d'actions préconisées par le HCSP (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Les concentrations relevées passent ainsi de 59,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en période hivernale à 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lors de la période estivale, traduisant une concentration moyenne de **85,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** sur l'année. Les résultats des prélèvements réalisés en période estivale ont d'ailleurs pu être confirmés par les mesures réalisées en parallèle au sein d'une seconde classe (MS/PS).

Notons que l'école élémentaire, jouxtant la maternelle, avait déjà fait l'objet de campagnes de mesures successives, ayant présenté elle-même des valeurs élevées en formaldéhyde par le passé, avant la mise en place de système de VMC.

Les bâtiments des 2 écoles, de constructions identiques, pourraient expliquer ces concentrations particulièrement élevées en formaldéhyde dans l'air intérieur, par la présence de matériaux particulièrement émetteurs de ce polluant.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTERIEUR DANS 3 ETABLISSEMENTS D'ACCUEIL DE PETITE ENFANCE A RENNES : CRECHES ET ECOLE NEUVES OU RENOVEES

Dans ce contexte, une recherche de sources en formaldéhyde pourrait permettre d'identifier le ou les matériaux incriminés en vue de la mise en place d'actions de remédiation.

- Pour le **benzène**, les 3 établissements ont présenté des concentrations moyennes satisfaisantes, ne dépassant pas la VGAI de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Enfin, et concernant **la mesure du confinement et des paramètres de confort** dans les 3 établissements investigués, les valeurs des concentrations moyennes relevées en continu, montrent **un renouvellement d'air satisfaisant au sein des 2 crèches investiguées** avec des valeurs inférieures, pour la plupart du temps, à la valeur de 1300 pm préconisée par le Règlement Sanitaire Départemental (RSD).

Rappelons que ces 2 établissements étaient pourvus de systèmes de ventilation en fonctionnement au moment des mesures.

Les résultats issus des enregistrements du CO_2 en continu au sein des unités de vie concernées attestent d'ailleurs de l'efficacité de ces systèmes de renouvellement d'air qui, outre le fait d'éviter tout confinement à l'intérieur des locaux, ont également pu permettre de limiter les concentrations en composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux investigués.

Seules les concentrations en CO_2 relevées au sein de la classe des PS/TPS, à l'école maternelle Jules Isaac a présenté des pics de concentration bien supérieurs aux valeurs recommandées, en période hivernale, atteignant ponctuellement 2200 ppm avec une décroissance lente, témoignant d'un renouvellement d'air difficile. Les mesures réalisées en période estivale ont montré une nette amélioration par rapport à ces derniers et l'absence de tout confinement en cette période où les pratiques d'aération ont été nettement favorisées. **Par ailleurs, un système de ventilation mécanique contrôlé a été installé au sein de la classe des PS/TPS au cours de l'été 2014**, permettant très certainement de limiter le confinement dans cette pièce. Il n'aura cependant pas permis d'abaisser significativement les niveaux en formaldéhyde rencontrés dans cette classe en cette période où les températures élevées, couplées à un taux d'humidité dépassant les 60% ont pu accroître l'émissivité en formaldéhyde de certains matériaux déjà initialement fortement émetteurs.

Au regard des concentrations en formaldéhyde enregistrées au sein des classes de l'école maternelle Jules Isaac au cours de l'année 2014, lesquelles se sont révélées inhabituellement élevées, nous préconisons une recherche de sources afin d'identifier le ou les matériaux responsable(s) de ces émissions, afin de pouvoir mettre en place des actions de remédiation adaptées.

Bibliographie

- [1] Décret 2006-623 du 29 mai 2006 relatif à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules
- [2] HCSP – Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le formaldéhyde – Octobre 2009
- [3] HCSP – Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le benzène – Juin 2010
- [4] Myhrvold, A.N., E.Olsen, and O. Lauridsen (1996). "Indoor Environment in Schools — Pupils' Health and Performance in regard to CO2 Concentrations". *Indoor Air*. The Seventh International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol 4, pp. 369–371.
- [5] Ministère de la Santé et des Affaires sociales