

évaluation de la qualité de l'air intérieur

école Jules Ferry de Mayenne

février 2018

air | pays de
la Loire
www.airpl.org



sommaire

synthèse	1
introduction.....	3
méthodologie	4
objectif de la campagne	4
dispositif mis en œuvre	5
points et périodes de mesure.....	5
les résultats	6
évaluation des paramètres de confort hygrothermique	7
évaluation du confinement	10
évaluation de la contamination microbiologique	13
conclusions et perspectives	15
bibliographie.....	17

contributions

Coordination de l'étude, rédaction : Karine Pierre, Mise en page : Bérangère Poussin, Exploitation du matériel de mesure : Frédéric Bardalou, Sonia Cécile, Photographies : Frédéric Bardalou, Validation : François Ducroz, David Brehon.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2016 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

synthèse

contexte → un suivi après travaux centré sur la microbiologie

En 2012/2013, Air Pays de la Loire a mené une étude à l'école Jules Ferry qui avait mis en avant une qualité de l'air intérieur marquée par des faibles niveaux en polluants chimiques (BTEX et aldéhydes), mais un confinement élevé et la présence de moisissures. En 2015, une nouvelle étude visant à évaluer la qualité de l'air intérieur de l'école en ciblant spécifiquement la contamination en moisissures a donc été réalisée. Les résultats ont indiqué une qualité de l'air perturbée par un manque de renouvellement d'air, notamment par la présence de moisissures et des niveaux de confinement très importants. Des solutions de remédiation ont été proposées, dont la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée.

En 2017, l'installation de cet équipement a été réalisée dans la partie Est de l'école (classe de CE1). L'enjeu de cette nouvelle étude consiste à caractériser l'évolution de la qualité de l'air intérieur de l'école Jules Ferry en ciblant spécifiquement la contamination microbiologique et les paramètres de confort.

Pour cette étude, les deux salles de classe préalablement investiguées, CE1 et CE1/CE2 (ex CM1) ont fait l'objet de mesures des paramètres hygrothermiques, de confinement et d'une évaluation de la contamination microbiologique en période hivernale, du 13 au 17 novembre 2017.

résultats → une qualité de l'air intérieur toujours perturbée par un manque de renouvellement d'air

		Résultats	Commentaires
Paramètres hygrothermiques et de confinement	Température	😊	Témoigne d'un renouvellement d'air insuffisant avec une humidité relative maintenue dans la plage de confort lors des périodes d'enseignement, mais élevée la nuit en CE1, et des niveaux de confinement importants dans les 2 salles de classe (amélioration en CE1).
	Humidité relative	😐	
	Dioxyde de carbone	😞	
Moisissures	Dans l'air	😐	Amélioration de la qualité mycologique de l'air, notamment en CE1. Présence de moisissures dans l'air dans les deux salles de classe dont <i>Aspergillus versicolor</i> (CE1/CE2 uniquement) et <i>fumigatus</i> , <i>Penicillium</i> sp et <i>Cladosporium</i> sp en plus grande quantité. A ces concentrations, le risque de développement de l'asthme et des allergies est modéré.

conclusions et perspectives> mieux renouveler l'air

L'évaluation de la qualité de l'air intérieur au sein de l'école Jules Ferry à Mayenne du 13 au 17 novembre a mis en évidence :

- un confort hygrothermique plus favorable en 2017 qu'en 2012 et 2015, avec une stabilité des températures mesurées dans les salles de classe et une humidité relative moins importante, en lien avec les conditions météorologiques moins pluvieuses. Les diagrammes psychrométriques indiquent en 2017 l'atteinte de la plage de confort pour les 2 salles de classe.
- un confinement amélioré en 2017 pour la classe de CE1 (-674 ppm en moyenne sur la période de mesure) et dégradé pour la classe de CE1/CE2 (+441 ppm).
- une amélioration de la qualité mycologique de l'air depuis 2015, notamment dans la classe de CE1. La qualité mycologique de l'air dans la classe de CE1 peut être qualifiée de bonne comparativement à celle de la classe de CE1/CE2, dégradée notamment en raison de la présence d'*Aspergillus versicolor*.

Ces résultats traduisent le bénéfice de la mise en place du système de ventilation dans la classe de CE1 permettant notamment de diminuer le confinement.

Au regard des résultats, plusieurs actions pourraient être menées pour améliorer davantage la qualité de l'air intérieur de l'établissement :

- améliorer les conditions d'aération des salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes d'occupation et lors des récréations.
- corriger le dysfonctionnement de la bouche de soufflage en classe de CE1 pour permettre un meilleur renouvellement d'air et donc l'atteinte d'un confinement optimal.
- systématiser la ventilation mécanique contrôlée (VMC) en continu au sein de l'ensemble de l'école pour améliorer le renouvellement de l'air participant ainsi à la réduction du confinement et de l'humidité relative.

introduction

En 2012, Air Pays de la Loire a réalisé au sein de l'école Jules Ferry de Mayenne une évaluation de la qualité de l'air intérieur portant sur des paramètres de confort et de confinement ainsi que sur l'exposition aux polluants chimiques (BTEX, aldéhydes). Les résultats témoignaient d'une faible exposition aux BTEX et aldéhydes malgré un niveau de confinement très élevé dans les salles d'enseignement de CM1 et de CE1. Par ailleurs, la présence de moisissures avait été constatée, notamment dans la classe de CE1. La mise en place de grilles d'entrée d'air et la réfection des revêtements muraux avec application de fongicide ont été réalisés en octobre 2013 afin d'éliminer les moisissures présentes.

En 2015, une étude a été menée pour évaluer spécifiquement la présence de microorganismes et suivre les paramètres hygrothermiques et de confinement pouvant expliquer l'origine des contaminations constatées. Le rapport a permis de proposer des mesures de réduction de l'exposition aux moisissures, notamment par la mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée double flux.

Depuis, les travaux de mise en œuvre de l'équipement (VMC Double Flux) ont été effectués. Ce rapport permet ainsi de mesurer les bénéfices de la mise en place de la ventilation et selon les résultats obtenus, de proposer des actions d'amélioration complémentaires.

méthodologie

objectif de la campagne

Après une campagne de mesure réalisée en 2012/2013 ayant mis en évidence un fort taux de confinement, la présence d'humidité dans deux salles de classes ainsi que la présence de moisissures sur les murs, des travaux ont été alors réalisés en octobre 2013 par la ville de Mayenne visant à éliminer les moisissures sur les murs :

- nettoyage des surfaces murales avec un nettoyant dégraissant et un concentré fongicide et algicide pour les parties les plus contaminées ;
- application d'une couche de peinture d'impression fongicide ;
- pose d'une toile à peindre sur le mur ;
- application de deux couches de peinture vinylique satin pour les murs, ainsi qu'une peinture laque polyuréthane acrylique pour les boiseries et les radiateurs ;
- la classe est restée bloquée pendant une semaine, avant réutilisation.

Par ailleurs, suite aux mesures réalisées en 2015 montrant une qualité de l'air perturbée par un manque de renouvellement d'air, notamment par la présence de moisissures (*Aspergillus* sp, *Penicillium* sp et *Cladosporium* sp en plus grande quantité) ; des solutions de remédiation ont été proposées, dont la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée.

En 2017, l'installation de cet équipement a été réalisée dans la partie Est de l'école (classe de CE1).

L'enjeu de cette nouvelle demande consiste à caractériser l'évolution de la qualité de l'air intérieur de l'école Jules Ferry en ciblant spécifiquement la contamination microbiologique et les paramètres de confort.

Pour cette étude, les deux salles de classe préalablement investiguées, CE1 et CE1/CE2 (ex CM1) ont fait l'objet de mesures des paramètres hygrothermiques, de confinement et d'une évaluation de la contamination microbiologique en période hivernale, du 13 au 17 novembre 2017.

L'interprétation des résultats doit permettre, de mesurer les bénéfices des actions de remédiation pour la qualité de l'air intérieur des deux salles de classe et en fonction des résultats, de proposer aux gestionnaires, des mesures de réduction de l'exposition aux moisissures ainsi que des solutions permettant l'amélioration du confort.

Synthèse des périodes de mesure des 2 classes CE1

	Période de mesure	Paramètres mesurés
Hiver 2013	12 au 16 novembre	BTEX, Aldéhydes, T°C, Hr %, CO2
Été 2013	10 au 14 juin	BTEX, Aldéhydes, T°C, Hr %, CO2
Travaux 2013		
Hiver 2015	2 au 5 novembre	T°C, Hr %, CO2, moisissures de surfaces, moisissures dans l'air
Travaux 2017		
Hiver 2017	13 au 17 novembre	T°C, Hr %, CO2, moisissures dans l'air

dispositif mis en œuvre

Le suivi des **paramètres hygrothermiques et du confinement** a été réalisé grâce à un appareil Q-track programmé selon un pas de temps de 10 minutes, et à un Class Air dont le principe est équivalent au Q-Track.

Les appareils ont été installés dans les classes de CE1 et de CM1 pour évaluer les conditions de confort (Température en °C, Humidité Relative en %) et de confinement (concentration en CO2 en ppm).

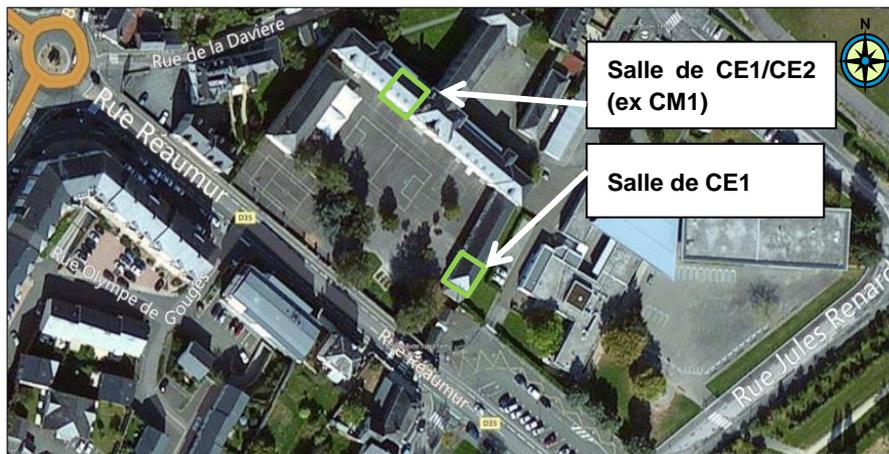
Par ailleurs, pour évaluer la **contamination microbiologique**, des prélèvements d'air (100 L) ont été réalisés dans les deux salles de classe ainsi qu'à l'extérieur des bâtiments pour identifier l'origine des contaminations. Les milieux de culture utilisés pour cette évaluation sont les suivants :

- milieu Sabouraud : constitue un milieu classique pour la culture, l'isolement et l'identification des moisissures saprophytes ou pathogènes.
- milieu DRBC : est recommandé pour le dénombrement des moisissures viables.



points et périodes de mesure

Les plans ci-dessous localisent les espaces ayant fait l'objet des mesures



Localisation des salles de CE1/CE2 (ex CM1) et CE1 de l'école Jules Ferry



Classe de CE1



Classe de CE1/CE2 (ex CM1)

Les points de prélèvements validés par la direction de l'école sont les suivants :

- point extérieur pour l'évaluation de la contamination microbiologique d'origine extérieure,
- les classes de CE1 et de CE1/CE2 (ex CM1) pour l'évaluation des paramètres de confort hygrothermique, du confinement et de la contamination microbiologique.

Les mesures se sont déroulées en présence des enfants, du lundi 13 au vendredi 17 novembre 2017.

les résultats

Ce rapport présente les résultats de la campagne de mesure de l'air intérieur menée dans l'école Jules Ferry de Mayenne concernant :

- le suivi des paramètres de confort et de confinement ;
- l'évaluation de la contamination microbiologique.

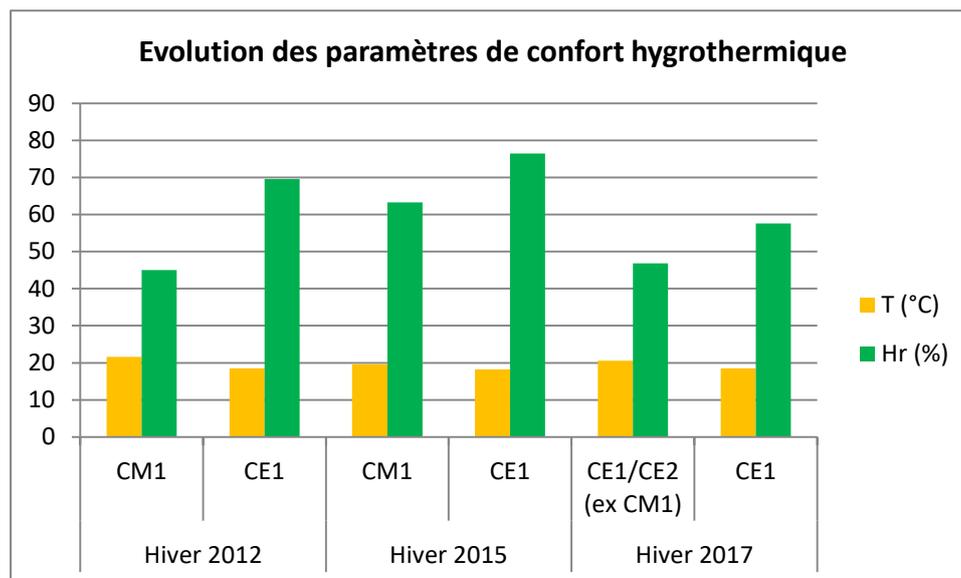
évaluation des paramètres de confort hygrothermique

valeurs de référence

La température optimale de l'air se situe entre 19 et 23°C selon les conditions d'humidité et l'activité des occupants.

L'humidité relative doit être comprise entre 40 et 60 %. En dessous de 40 %, l'air est trop sec et provoque des sécheresses oculaires, nasales, etc. Au dessus de 60 %, la prolifération des micro-organismes est plus importante et peut engendrer une augmentation des symptômes allergiques.

résultats des mesures



Le graphique ci-dessus révèle un meilleur confort hygrothermique en 2017 que ceux de 2012 et 2015. Les températures mesurées dans les salles de classe sont stationnaires chaque année (en moyenne 18.5°C dans la classe de CE1 et 20.5°C dans la classe de CE1/CE2). **Cette stabilité de la température met en évidence le bon fonctionnement du système de chauffage, avec des températures de consigne différentes dans les 2 salles de classe (écart de 2°C).**

L'humidité relative quant à elle est moins importante en 2017, en lien avec les conditions météorologiques extérieures moins pluvieuses.

Depuis 2012, le graphique ci-dessus met en avant un meilleur confort hygrothermique dans la salle de classe de CE1/CE2 (ex CM1) par rapport à celle de CE1, avec une température moyenne plus élevée (+2°C) et une humidité relative moins importante (-10.8 points).

Le confort hygrothermique, résultant du couple température/humidité relative est traduit à travers le diagramme psychrométrique suivant. Les zones 1, 2, 3 et 4 correspondent aux légendes suivantes :

- 1 : zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2 et 3 : zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microorganismes dont les moisissures.
- 3 : zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : polygone de confort hygrothermique.

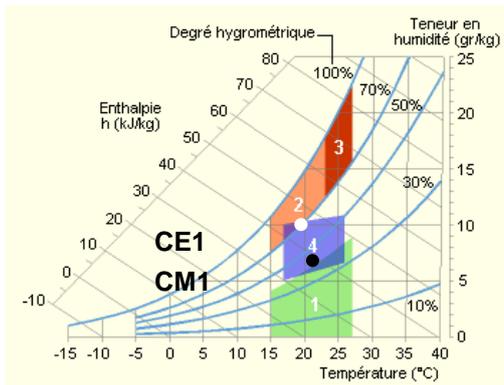


Diagramme en 2012

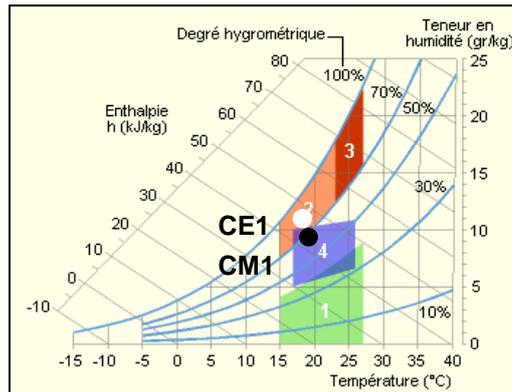


Diagramme en 2015

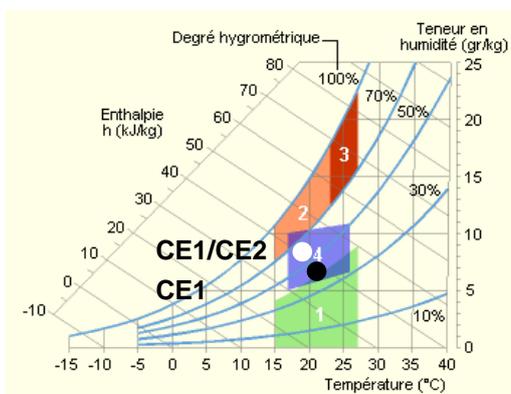
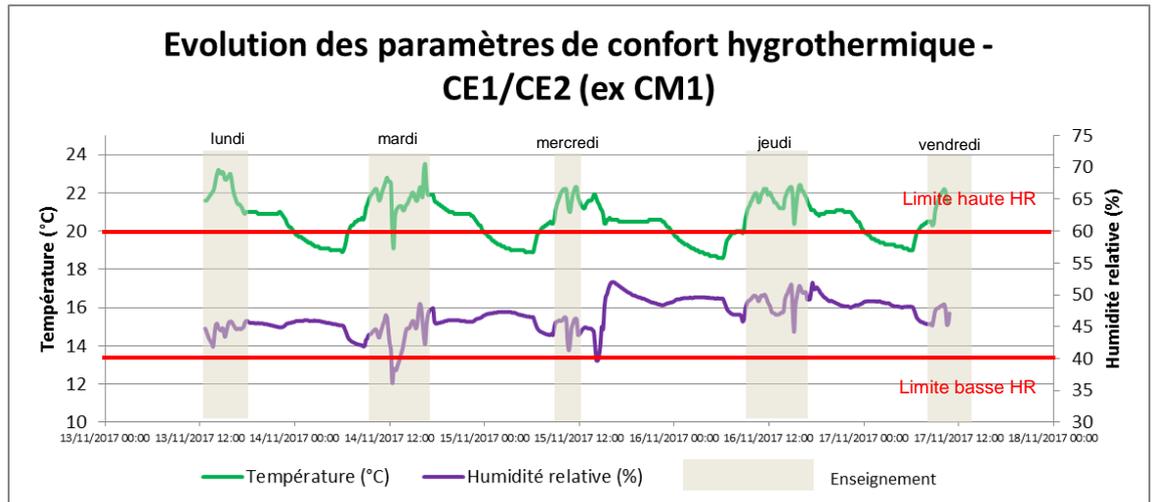


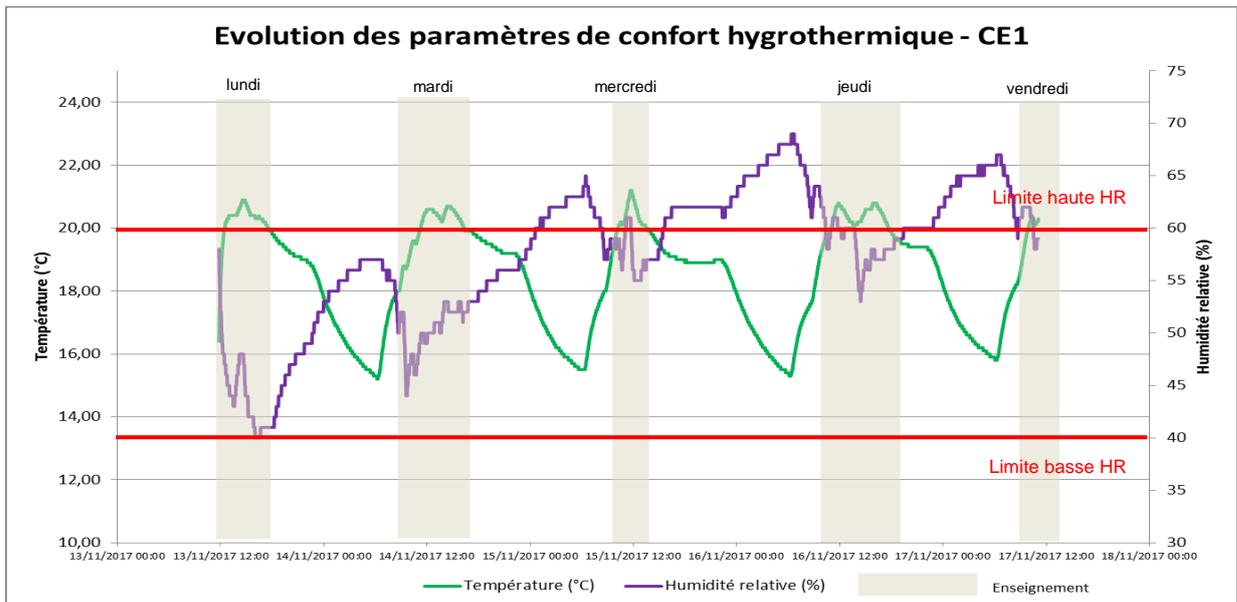
Diagramme en 2017

Les diagrammes psychrométriques ci-dessus mettent en évidence l'évolution de la perception de confort dans les salles de classe. En 2015, alors que la classe de CM1 se situait à la limite de la zone de confort hygrothermique, celle de CE1 était en dehors et rejoignait la zone favorisant le développement des bactéries et des microorganismes dont les moisissures. En 2017, les deux salles de classes se situent dans la zone de confort hygrothermique.



Chaque nuit, la température baisse jusqu'à 19°C, indiquant une température de consigne à cette valeur. La journée, la température intérieure mesurée dans la salle de classe CE1/CE2 varie en fonction des périodes d'occupation, atteignant 21 à 23°C.

L'humidité relative est quant à elle plus stable sur la période de mesure, avec une augmentation à partir du mercredi après-midi, en lien avec les conditions météorologiques extérieures. Dans cette salle de classe, l'humidité relative est maintenue entre 40 et 60 %, soit dans la plage acceptable.



En 2017, lors des périodes d'enseignement, la température de la classe de CE1 dépasse les 19°C, contrairement à 2015 où la température était globalement inférieure à 19°C avec seulement deux demies-journées où celle-ci était atteinte.

Sur cette période de mesures, l'humidité relative en période d'enseignement reste comprise entre les limites de 40 et 60 %, malgré l'apport d'humidité par les occupants. Toutefois, la nuit et en l'absence d'occupation, l'humidité relative augmente de manière significative, dépassant la limite haute de 60 % les nuits à partir du mardi. **Cette observation traduit le fonctionnement de la ventilation mécanique contrôlée en débit réduit la nuit.**

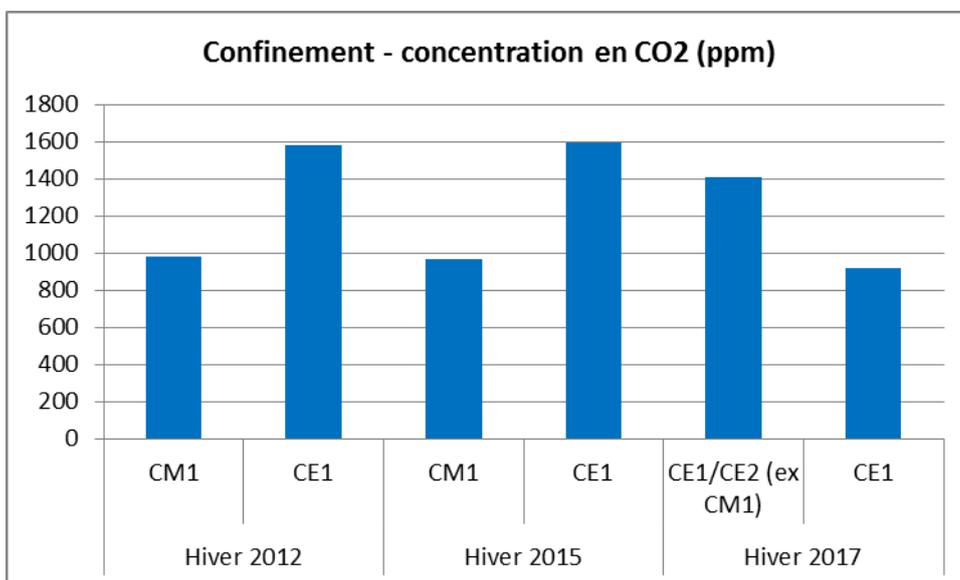
évaluation du confinement

valeurs de référence

Il est couramment admis que la qualité de l'air est modérée lorsque les **concentrations en CO₂** ne dépassent pas 1000 ppm. Au-delà de 1300 ppm, valeur du Règlement Sanitaire Départemental Type, les locaux sont trop confinés et nécessitent d'être aérés. Il en résulte notamment l'apparition de maux de tête et des difficultés de concentration. Il n'y a cependant pas de problème sanitaire majeur en dessous de 1500 ppm. En période inoccupée, la concentration en CO₂ est généralement comparable à celle mesurée en extérieur, soit environ 450 ppm.

En période d'occupation, la concentration en CO₂ peut être traduite par un indicateur appelé indice ICONe, développé par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et notamment repris dans le décret de surveillance de la qualité de l'air pour les établissements accueillant des enfants (décret du 05/01/12). Cet indice tenant compte des temps d'exposition à différentes gammes de concentration en CO₂ varie de 0 à 5 ; 0 étant un confinement nul et 5 un confinement extrême.

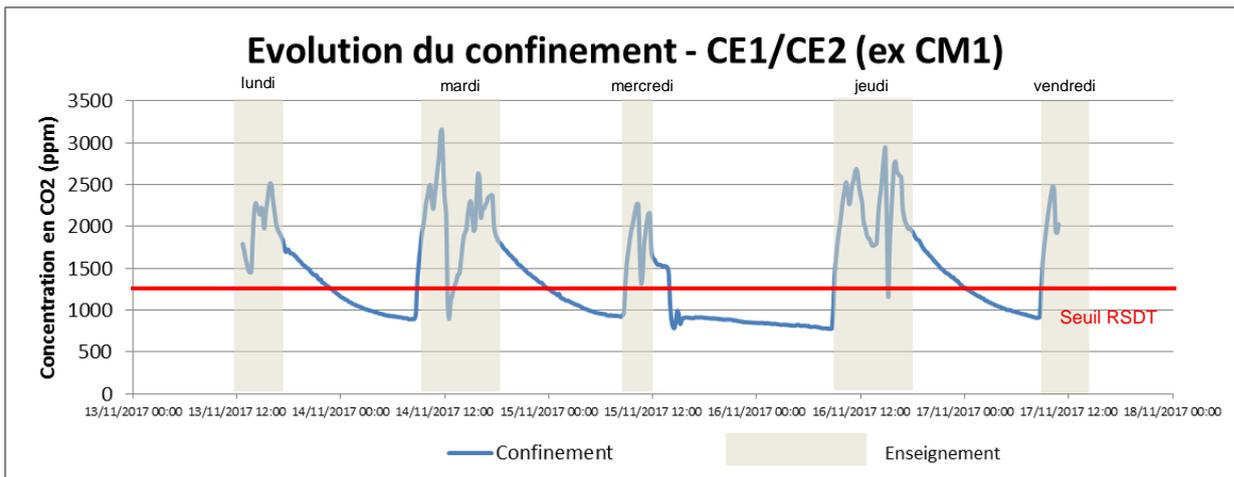
résultats des mesures



Le graphique ci-dessus révèle un état stationnaire du confinement entre 2012 et 2015. En revanche, en 2017, le confinement des salles de classe s'est inversé. Jusqu'en 2015, la classe de CE1 présentait un confinement plus élevé qu'en CM1 (40 % de plus). En 2017, le confinement de la classe de CE1/CE2 (ancienne CM1) a significativement augmenté (+441 ppm en moyenne sur la période de mesures) ; à la différence de la classe de CE1, où la concentration en CO₂ a diminué de 674 ppm.

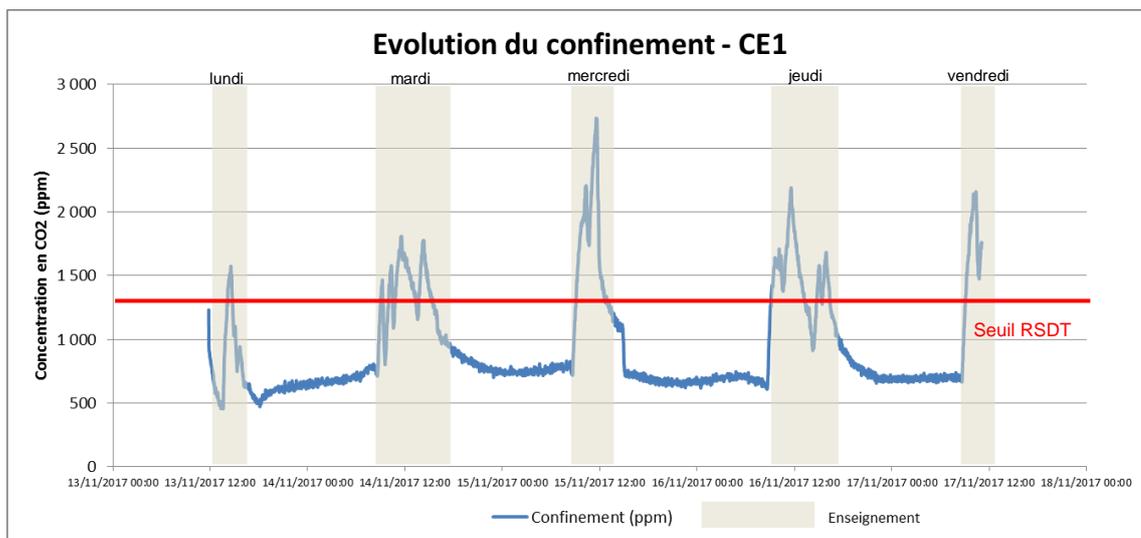
Cette analyse met en avant le bénéfice de la mise en place de la ventilation mécanique contrôlée double flux dans la classe de CE1, permettant de réduire de manière significative le taux de confinement.

Concernant la classe de CM1, les échanges avec la ville de Mayenne ne permettent pas d'expliquer l'évolution croissante du confinement : taux d'occupation, habitudes d'usage et bâti étant identiques.



Pour la classe de CM1, le graphique met en évidence des concentrations en CO2 supérieures au seuil du RSDT (1300 ppm) en présence des enfants (en moyenne 2124 ppm). En fin de nuit, les concentrations parviennent en dessous de 1300 ppm, sans atteindre les concentrations habituellement mesurées en air extérieur ; la valeur minimale enregistrée étant de 776 ppm, ce qui traduit un renouvellement d'air insuffisant.

Notons que cette situation met en évidence une dégradation du confinement vis-à-vis des hivers 2012 et 2015, où la concentration moyenne en 2015 en période d'enseignement était de 1435 ppm et de 492 ppm la nuit.



En CE1, seules les périodes d'enseignement enregistrent des concentrations supérieures au seuil RSDT, avec une moyenne de 1398 ppm. La nuit, les concentrations diminuent significativement, mais sur l'ensemble de la période (650 ppm) n'atteignent pas celles habituellement mesurées en air extérieur (450 ppm).

Ces résultats mettent en avant une amélioration du confinement depuis 2015, notamment par la mise en place de la ventilation mécanique contrôlée double flux. Les résultats montrent que le fonctionnement réduit de la VMC la nuit permet de diminuer les concentrations en CO2 de la journée, sans atteindre les niveaux mesurés en air extérieur. Toutefois, en journée le renouvellement d'air ne semble pas optimal pour maintenir un confinement inférieur à 1300 ppm.

Les concentrations en dioxyde de carbone mesurées sont également traduites à travers l'indice ICONE, qui permet de qualifier le confinement d'une pièce d'un établissement scolaire.

	Période	Indice calculé	Nature du confinement
Classe de CM1	Hiver 2012	4	confinement très élevé
Classe de CE1	Hiver 2012	5	confinement extrême
Classe de CM1	Hiver 2015	3	confinement élevé
Classe de CE1	Hiver 2015	5	confinement extrême
Classe de CE1/CE2 (ex CM1)	Hiver 2017	5	confinement extrême
Classe de CE1	Hiver 2017	3	confinement élevé

Depuis 2012, les indices ICONE traduisent un confinement allant des niveaux élevé à extrême en CE1 et CE1/CE2. L'indice ICONE de la classe de CE1 disposant d'une VMC DF est toutefois plus satisfaisant en 2017.

préconisations pour le confort hygrothermique et le confinement

Les concentrations mesurées en CO2 et notamment les indices ICONE relèvent un confinement élevé voire extrême, conséquence d'un renouvellement d'air insuffisant. Notons que le manque de renouvellement d'air peut être l'origine d'humidité relative plus importante dans les salles de classe et donc du développement de moisissures.

La mise en place de la ventilation double flux dans la classe de CE1 a permis d'améliorer la situation de manière significative, sans pour autant permettre l'atteinte d'une qualité de l'air intérieur satisfaisante (indice icone <3) dans la salle de classe. Après échanges avec la ville de Mayenne, il s'avère qu'un dysfonctionnement auprès d'une bouche de soufflage de cette salle de classe (registre fermé) pourrait être à l'origine du renouvellement d'air insuffisant. Une intervention curative des services techniques de la ville devrait être réalisée durant les vacances scolaires du 26 février au 9 mars 2018.

De manière globale, pour les deux salles de classe, et notamment la classe de CE1/CE2 (ancienne CM1) ne disposant pas de VMC, il est recommandé d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes de récréation, voire d'occupation.

La systématisation de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) en continu au sein de l'ensemble de l'école permettrait d'améliorer le renouvellement de l'air participant ainsi à la réduction du confinement et de l'humidité relative.

évaluation de la contamination microbiologique

valeurs de référence

A ce jour, il n'existe pas de valeur de référence spécifique à la contamination microbiologique.

résultats des mesures

L'analyse des **prélèvements d'air effectués** dans les deux salles de classe et à l'extérieur identifie les contaminations suivantes (années 2015 et 2017) pour des prélèvements de 100L :

2015			2017		
Lieu du prélèvement d'air	Identification microorganismes	Nombre de colonies	Lieu du prélèvement d'air	Identification microorganismes	Nombre de colonies
Exérieur	Cladosporium sp	50 à 100	Exérieur CE1/CE2 (ex CM1) CE1	Penicillium sp	12
	Dématié non identifiable	4		Cladosporium sp	5
	Beauveria sp	1		Aspergillus fumigatus	11
	Botrytis sp	1		Aspergillus versicolor	5
	Champignons filamenteux stériles	2		Penicillium sp	1
CM1	Cladosporium sp	10 à 50		Champignons filamenteux stériles	2
	Aspergillus fumigatus	2		Levures non identifiables	6
	Aspergillus glaucus	1		Cladosporium sp	3
	Penicillium sp	10 à 50		Aspergillus fumigatus	10
	Fusarium sp	1		Penicillium sp	10
	Trichoderma sp	1	Champignons filamenteux stériles	5	
	Botrytis sp	2	Beauveria sp	2	
	Champignons filamenteux stériles	7	Levures non identifiables	6	
CE1	Cladosporium sp	20			
	Penicillium sp	10			
	Paecilomyces sp	6			
	Botrytis sp	3			
	Aspergillus glaucus	2			

En comparaison avec les prélèvements de 2015, la qualité mycologique de l'air semble s'être améliorée en 2017 avec des concentrations en moisissures moins importantes, notamment en Cladosporium sp et Penicillium sp. La présence d'Aspergillus fumigatus est toutefois plus importante en 2017.

En 2017 :

- Penicillium sp. est identifiée dans des concentrations comparables à l'extérieur et à l'intérieur des classes de CE1/CE2 et CE1. La présence de ces moisissures dans le prélèvement effectué sous le préau oriente vers une contamination des classes d'origine extérieure. Notons que les conditions météorologiques le jour du prélèvement indiquent un temps brumeux. Le taux en spores fongiques dans l'air extérieur est donc faible, la majorité des spores étant mise au sol.
- Aspergillus fumigatus et Cladosporium sp sont identifiés dans les prélèvements d'air intérieur dans les deux salles de classe dans des concentrations similaires. Ces résultats semblent indiquer une origine externe au bâti (remise en suspension dans l'air intérieur, stockage dans la poussière). Les spores de cette espèce sont très volatiles et facilement remises en suspension par les mouvements d'air (ouverture de porte, brassage de l'air lors des déplacements...).
- une concentration faible en Beauveria sp, espèce parasite chez les insectes est retrouvée uniquement en classe de CE1. Le potentiel allergisant de cette espèce est peu documenté. Son origine interne ne peut être déterminée dans le cadre de cette étude.
- la présence d'Aspergillus versicolor dans la salle de CE1/CE2 (ex CM1) indique une origine interne au bâti (estimation à 50 UFC/m³). La littérature indique la colle des revêtements muraux comme étant des matériaux souvent colonisés par cette espèce. Par ailleurs, cette moisissure est un indicateur probant d'un excès d'humidité, notamment au niveau des parois de bâti (cf. annexe A de la norme ISO 16000-19).

La qualité mycologique de l'air dans la classe de CE1 peut être qualifiée de bonne comparativement à celle de la classe de CE1/CE2 (ex CM1), notamment en raison de la présence d'*Aspergillus versicolor*. L'amplitude d'aération de la salle de classe doit être améliorée afin de réduire l'exposition inhérente au bâti.

Certaines moisissures de l'environnement sont responsables d'effets sanitaires pouvant aller de l'allergie à l'infection. Le tableau ci-dessous illustre les principaux effets.

NOM	Effet Infectieux	Effet allergisant	Alvéolite	Effet toxique
<i>Acremonium</i>	-	X	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	-	X	-	-
<i>Aspergillus flavus</i>	X	X	-	X
<i>Aspergillus fumigatus</i>	X	X	X	X
<i>Aspergillus niger</i>	X	-	-	-
<i>Aspergillus versicolor</i>	-	X	X	X
<i>Aureobasidium</i>	-	X	-	-
<i>Chaetomium</i>	-	X	-	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	-	X	-	-
<i>Epicoccum</i>	-	X	-	-
<i>Fusarium</i>	X	X	X	-
Mucorales : <i>Mucor, Absidia, Rhizopus</i>	X	X	X	X
<i>Penicillium sp.</i>	-	X	X	-
<i>Stachybotrys chartarum</i>	-	X	-	X
<i>Trichoderma</i>	-	X	-	X
<i>Trichothecium</i>	-	X	-	-

Source : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

Parmi les espèces identifiées dans les prélèvements d'air, *Cladosporium sp.*, *Penicillium sp.* et *Aspergillus* sont les moisissures qui présentent un impact sanitaire significatif. Elles sont responsables de développement de réactions allergiques et peuvent favoriser le développement de l'asthme.

Aspergillus peut émettre des toxines et est par ailleurs responsable de pneumopathies immunoallergiques, d'infections du système respiratoire chez les personnes fragiles et de réactions allergiques pouvant provoquer rhinites et asthme. Toutefois, aux concentrations mesurées dans les salles de classe, le risque de développement de ces pathologies n'est pas significatif.

préconisations

La qualité mycologique s'est améliorée depuis 2015. Toutefois les conditions d'humidité couplées à la présence de moisissures dans l'air confirment le besoin d'améliorer le renouvellement d'air des salles de classe (aération, installation d'une VMC), notamment en CE1/CE2 avec la présence plus importante d'*Aspergillus*.

conclusions et perspectives

L'évaluation de la qualité de l'air intérieur au sein de l'école Jules Ferry à Mayenne du 13 au 17 novembre a mis en évidence :

- un hiver 2017 plus favorable pour le confort hygrothermique que ceux de 2012 et 2015, avec une stabilité des températures mesurées dans les salles de classe et une humidité relative moins importante, en lien avec les conditions météorologiques moins pluvieuses. Les diagrammes psychrométriques indiquent en 2017, l'atteinte de la plage de confort pour les 2 salles de classe.
- un confinement amélioré en 2017 pour la classe de CE1 (-674 ppm en moyenne sur la période de mesure) et dégradé pour la classe de CE1/CE2 (+441 ppm).
- une amélioration de la qualité mycologique de l'air depuis 2015, notamment dans la classe de CE1. La qualité mycologique de l'air dans la classe de CE1 peut être qualifiée de bonne comparativement à celle de la classe de CE1/CE2, notamment en raison de la présence d'*Aspergillus versicolor*.

Ces résultats traduisent le bénéfice de la mise en place du système de ventilation dans la classe de CE1 permettant notamment de diminuer le confinement, malgré le dysfonctionnement de la bouche d'insufflation.

Au regard des résultats, plusieurs actions pourraient être menées pour améliorer la qualité de l'air intérieur de l'établissement :

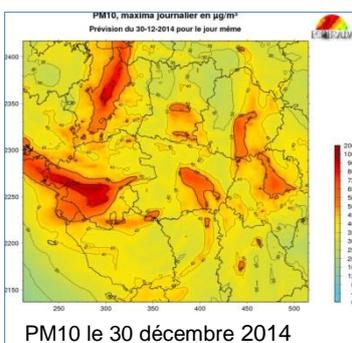
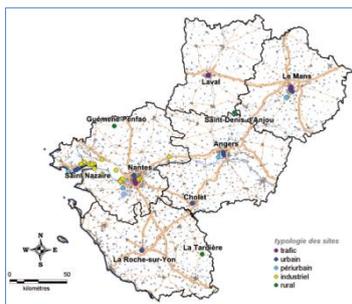
- améliorer les conditions d'aération des salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes d'occupation et lors des récréations.
- corriger le dysfonctionnement de la bouche de soufflage en classe de CE1 pour permettre un meilleur renouvellement d'air et donc l'atteinte d'un confinement optimal.
- systématiser la ventilation mécanique contrôlée (VMC) en continu au sein de l'ensemble de l'école pour améliorer le renouvellement de l'air participant ainsi à la réduction du confinement et de l'humidité relative.

annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une trentaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.

simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.

prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à la plateforme interrégionale ESMEALDA.

informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisode de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques, aux médias et à tous les internautes inscrits gratuitement. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

bibliographie

- [1] Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs, CSTB, (2012)
- [2] Campagne pilote : 90 logements et 9 écoles, Rapport final, OQAI (2004)
- [3] Bâtir pour la santé des enfants, Suzanne DEOUX, (2010)
- [4] Construire sain, guide à l'usage des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour la construction et la rénovation, Ministère du Développement Durable et du Logement, (2013)
- [5] Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur - Document cadre et éléments méthodologiques, ANSES, (2014)
- [6] Tableau de synthèse des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur publiées, ANSES (2013)
- [7] Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. Guide pratique, Ministère de la santé, INVS, (2010)
- [8] Rapports des campagnes de mesure air intérieur d'Air Pays de la Loire, disponibles sur www.airpl.org



airpays de la loire

5 rue Édouard-Nignon – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org