

Evaluation de la qualité de l'air intérieur Écoles Pépinières Saint Julien - Rouen

Evaluation des paramètres de confort et de la contamination fongique

Avril 2014



Avertissement

Air Normand est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Haute-Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Air Normand est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.airnormand.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Air Normand est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Air Normand par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Air Normand de leur exactitude. La responsabilité d'Air Normand ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Air Normand ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Air Normand conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Air Normand ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Air Normand, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1180-09-2
Le 20 janvier 2015,

La rédactrice ,
Fiona PELLETIER

Le responsable du pôle « *campagnes de mesure
et exploitation des données* »,
Sébastien LE MEUR

Air Normand – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN
Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@airnormand.fr
www.airnormand.fr

Résumé

Dans le cadre du second Plan Régional Santé Environnement (PRSE), l'Agence Régionale de Santé (ARS) et Air Normand ont signé une convention d'étude. Celle-ci porte notamment sur la prévention et la sensibilisation aux risques sanitaires liés à la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les établissements recevant du public.

Les parents d'élèves du groupe scolaire Pépinières Saint Julien ainsi que la ville de Rouen ont souhaité bénéficier de l'intervention d'Air Normand et de l'ARS du fait de la présence récurrente de moisissures dans certaines salles de classes du groupe scolaire. Air Normand, en collaboration avec l'ARS et les services de la ville de Rouen a réalisé une campagne de mesures de la QAI dans plusieurs salles des Pépinières Saint Julien. Au vu de la problématique, les mesures ont porté d'une part sur des indicateurs de confort (en particulier le confinement de l'air) et d'autre part sur l'évaluation de la contamination fongique.

Le présent rapport présente les résultats de cette étude.

Le confinement mesuré dans les deux salles de classe de l'école élémentaire est plus élevé que dans les deux salles de classe de l'école maternelle. Les indices de confinement ne dépassent pas la valeur limite définie dans le décret n°2012-14 [7] et au-delà de laquelle des actions de recherche des causes sont à entreprendre rapidement. Néanmoins, dans les salles de l'école élémentaire où l'indice de confinement est très élevé, il est conseillé de vérifier que l'occupation des pièces est conforme au taux d'occupation prévu. Il est également souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres pendant les périodes d'occupation, si aucun système de ventilation mécanique n'existe [10].

Les prélèvements de surface réalisés dans les deux salles de classe dans lesquels des moisissures étaient visibles révèlent la présence importante de mycélium. Ce constat indique que les moisissures présentes ont une croissance active. Par ailleurs, les moisissures isolées sur les murs de deux salles de classe des Pépinières Saint Julien sont des moisissures typiques des environnements intérieurs présentant des problèmes d'humidité. Enfin, parmi les moisissures présentes, la plupart ont une potentialité allergisante.

SOMMAIRE

1. Sigles, symboles et abréviations	4
2. Introduction	5
3. Eléments nécessaires à la compréhension du document	5
3.1. Définitions	5
3.2. Contexte	6
3.3. Approche choisie	7
3.4. Matériel et modèles	8
3.5. Méthode	9
3.6. Origine des données	10
3.7. Limites	10
4. Déroulement	10
5. Résultats	10
5.1. Résultats bruts	10
5.2. Résultats transformés	11
5.2.1. Paramètres de confort	11
5.2.1.1. Température	11
5.2.1.2. Humidité relative	12
5.2.1.3. CO ₂	12
5.2.1.4. Indice de confinement	17
5.2.2. Contamination fongique	19
6. Interprétation des résultats et discussion	20
7. Conclusion et recommandations	22
8. Pages complémentaires	24
8.1. Annexes	24
8.2. Bibliographie	31

1. Sigles, symboles et abréviations

ARS : Agence Régionale de Santé
CHU : Centre Hospitalier Universitaire
CO₂ : Dioxyde de carbone
CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
ERP : Etablissement Recevant du Public
ICONE : Indice de Confinement
LHVP : Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris
MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie
µg/m³ : microgramme par mètre cube
ppm : partie par million
PRQA : Plan Régional pour la Qualité de l'Air
PRSE : Plan Régional Santé Environnement

PSQA : Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air
QAI : Qualité de l'Air Intérieur
RSDT : Règlement Sanitaire Départemental Type
VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

2. Introduction

Suite à une plainte des parents d'élèves des écoles maternelle et élémentaire Pépinières Saint Julien situées à Rouen (rive gauche), Air Normand a réalisé une campagne de mesure dans plusieurs salles de classe de ce groupe scolaire. Les objectifs de ces mesures sont d'évaluer le niveau de confinement des différentes salles des écoles et de déterminer le niveau de contamination fongique. Cette campagne s'inscrit dans le cadre d'un partenariat avec l'ARS dont le but est de prévenir les risques sanitaires liés à la QAI et développer la sensibilisation et l'information de différents publics sur le thème de la QAI. Dans ce document sont détaillés les différents paramètres mesurés, les techniques de mesures utilisées et les résultats obtenus.

3. Eléments nécessaires à la compréhension du document

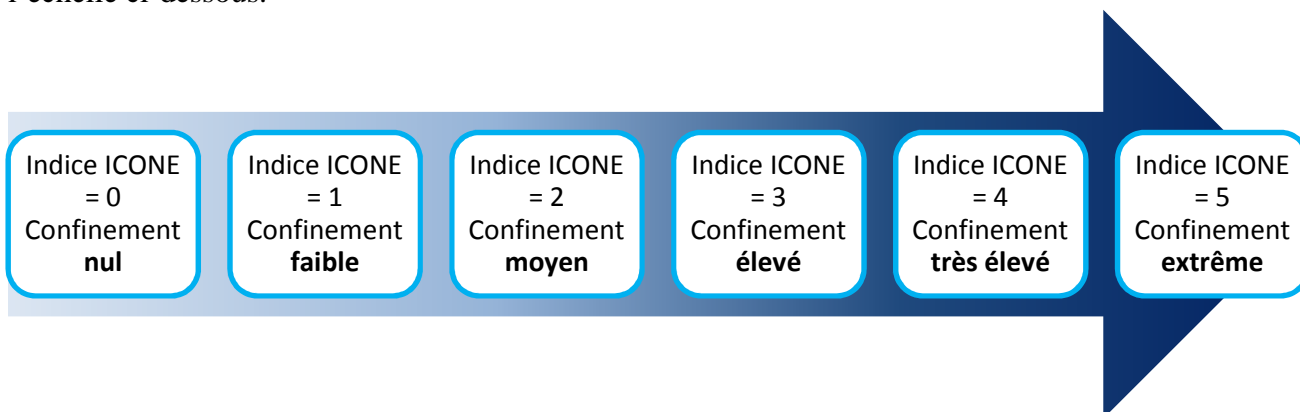
3.1. Définitions

Humidité relative :

L'humidité relative a un faible impact sur la sensation thermique et sur la perception de la qualité de l'air dans les locaux à occupation sédentaire. Toutefois les humidités intérieures durablement élevées peuvent être la cause de proliférations microbiennes et fongiques (humidité > 70%), et une humidité très basse (< 15-20%) peut entraîner un dessèchement et/ou une irritation des yeux et des voies respiratoires. [1]

Indice de confinement ICONÉ :

L'indice de confinement (ICONÉ), établi par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), exprime le confinement de l'air. Il est calculé à partir des mesures en dioxyde de carbone (CO₂) lorsque des personnes sont présentes dans la pièce. Cet indice est utilisé dans le cadre de la réglementation relative à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (décret n°2011-1728 [2]). L'état du confinement est évalué grâce à la valeur de l'indice ICONÉ selon l'échelle ci-dessous.



Formule de calcul de l'indice de confinement :

$$I = [2.5/\log_{10}(2)].\log_{10} (1 + f_1 + 3f_2)$$

Avec : f_1 : proportion de valeurs comprises entre 1 000 et 1 700 ppm
 f_2 : proportion de valeurs supérieures à 1 700 ppm

L'indice de confinement des différentes pièces est calculé sur les plages de présence des enfants (au moins 50% de l'effectif) dans les différentes pièces.

Mycélium : partie végétative des champignons ou de certaines bactéries filamenteuses.

Levure : champignon unicellulaire apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales.

Moisissures fréquemment rencontrées en environnements intérieurs humides et leurs effets pathogènes (données du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris - LHVP) :

Le tableau ci-dessous est extrait d'un document du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France sur les "contamination fongiques en milieux intérieurs" [3]. Il présente les potentiels effets sur la santé des moisissures isolées dans les environnements intérieurs.

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	-
<i>Mucorales</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	-	-

3.2. Contexte

La problématique "Bâtiment – Santé" a émergé dans les années 70, alors que les politiques d'économie d'énergie recommandaient une isolation plus importante des bâtiments. Depuis, la qualité de l'air intérieur a fait l'objet d'une attention particulière de la communauté scientifique. Les effets sur la santé qui lui sont associés sont en relation avec le temps passé dans les environnements intérieurs : logement, transports, lieux de travail ou de vie scolaire, espaces clos de loisirs, etc. [4]

Les sources d'émissions de substances polluantes sont nombreuses dans les bâtiments : matériaux de construction et d'ameublement, systèmes de chauffage, produits d'entretien, etc. Or, une mauvaise qualité de l'air intérieur peut favoriser l'émergence de symptômes tels que : maux de tête, fatigue, irritations de la peau et des muqueuses, allergies et asthme. [5]

Dans le cadre de son Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA), Air Normand développe depuis plusieurs années des actions d'études, de sensibilisation et d'information sur le thème de la qualité de l'air intérieur.

De son côté l'ARS, dans le cadre du second Plan Régional Santé Environnement (PRSE II), s'est fixée comme objectifs de renforcer la lutte contre l'habitat dégradé, de prévenir les risques sanitaires liés à la qualité de l'air intérieur et de développer la sensibilisation et l'information des professionnels du bâtiment sur le thème de la qualité de l'air intérieur.

C'est dans ce contexte qu'Air Normand et l'ARS ont signé une convention de travail portant sur deux grandes actions :

- développer la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos, ouverts au public ;
- développer les campagnes de sensibilisation des gestionnaires d'établissements et du public à la qualité de l'air intérieur.

La campagne de mesure décrite dans le présent rapport s'inscrit dans cette convention.

D'autres études de la QAI ont déjà été réalisées dans des crèches et des écoles en Normandie et au niveau national¹ [5] [6]. Les résultats de ces études ont montré que :

- les performances du système de ventilation et les habitudes d'aération ont une influence non négligeable sur la QAI,
- 1% des crèches, 10% des écoles maternelles et 25% des écoles élémentaires présentent un confinement très élevé ou extrême,
- en période hivernale le confinement tend à être plus important,
- les dortoirs sont souvent plus confinés que les autres types de pièces.

3.3. Approche choisie

Suite à la plainte des parents d'élèves et après visite sur site, il a été choisi de réaliser des mesures de :

- température,
- humidité relative,
- concentration en CO₂ et calcul de l'indice de confinement.

Air Normand a également réalisé des prélèvements de surface pour l'analyse de la contamination fongique.

Les résultats des différents paramètres ont été comparés à des valeurs de référence quand elles existent.

La valeur du décret n° 2012-14 [7] relatif à la surveillance réglementaire de la QAI dans les ERP pour l'indice de confinement :

Valeur-limite = 5

Les valeurs de référence du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT) [8] pour les concentrations en CO₂ :

Dans les conditions habituelles d'occupation, la teneur de l'atmosphère en CO₂ ne doit pas dépasser **1000 ppm** (avec une valeur de tolérance de **1300 ppm** dans les locaux où il est interdit de fumer).

Les résultats ont aussi été comparés à des valeurs obtenues lors de la campagne nationale pilote dans 300 écoles et crèches (2009-2011) [6].

¹ Campagne nationale pilote dans 300 écoles et crèches (2009-2011).

Concernant la contamination fongique, les conclusions et recommandations indiquées dans la suite de ce rapport sont tirées du rapport du LHVP qui a réalisé les analyses et dont l'un des services est spécialisé dans le domaine des moisissures.

3.4. Matériel et modèles

Pour chaque paramètre, le matériel de prélèvement et de mesure est présenté dans le Tableau 1 ainsi que la méthode d'analyse utilisée.



Paramètres mesurés	Appareillage	Principe
Température Humidité relative Dioxyde de carbone (CO₂)	<p>Q-Trak</p> 	<p>Mesures en continu sur un pas de temps de 10 minutes (analyse et enregistrement des données)</p>
Contamination fongique	<p>Ecouvillons et scotch test</p> 	<p>Prélèvements de surface puis analyses en laboratoire (LHVP)</p>

Tableau 1 : matériel utilisé pour la campagne de mesures

En même temps que les campagnes de mesures, un planning d'occupation des quatre pièces investiguées a été complété par les enseignants des écoles. Ce planning d'occupation précise le nombre de personnes présentes dans la pièce par période de 30 minutes.

Après prélèvements, les écouvillons et scotch test sont conditionnés et envoyés au LHVP. Les écouvillons sont déchargés sur la surface d'un milieu gélosé au malt plus chloramphénicol ainsi que sur milieu DG18. Les colonies fongiques sont identifiées après 7 jours d'incubation à 25°C après isolement. Pour les échantillons récupérés sur scotch test, une goutte de bleu de lactophénol est déposée entre la lame et le ruban adhésif puis la lamelle est disposée sur la lame pour permettre l'observation au microscope optique des éléments fongiques colorés. Ces analyses sont effectuées par le LHVP selon la norme NF ISO 16000-21 « Air intérieur – Partie 21 : Détection et dénombrement des moisissures – Echantillonnage à partir de matériaux » du 1^{er} février 2014).

Les autres paramètres (température, humidité relative, CO₂) sont évalués au moyen d'appareils de mesures automatiques. Les données enregistrées correspondent à des moyennes établies toutes les dix minutes.

3.5. Méthode

Air Normand en collaboration avec l'ARS et la Ville de Rouen a choisi de réaliser une campagne de mesures dans quatre salles de classes (cf. Figure 1) : deux classes de l'école maternelle (classes 1 et 3) et deux classes de l'école élémentaire (classes 4 et 6). Ces salles sont celles qui présentaient le plus de traces de contamination fongique sur les mur. La période de mesures est de 4.5 jours (période d'occupation de l'école).

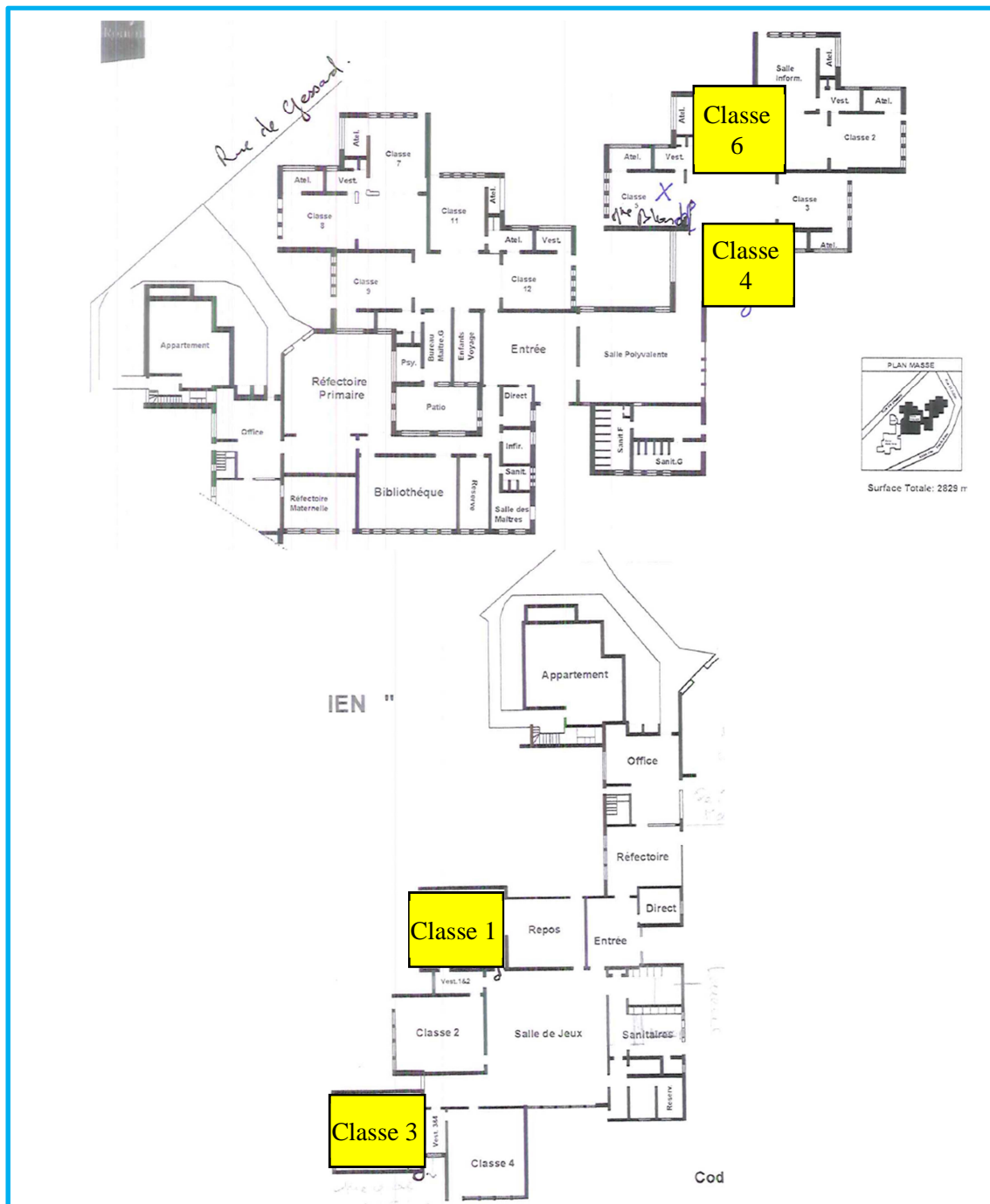


Figure 1 : localisation des sites de mesures aux écoles Pépinières Saint Julien

3.6. Origine des données

Les données de contamination fongique proviennent des analyses réalisées par le LHVP.

Les données des paramètres de confort (CO₂, température, humidité relative) sont directement extraites des appareils de mesures.

Les indices de confinement ICONNE sont calculés à partir des concentrations en CO₂ et des plannings d'occupation remplis par les enseignants des salles investiguées (selon la méthode détaillée dans le partie 3.0).

Les informations sur les habitudes d'aération au cours des semaines de mesures ont été renseignées par les enseignants dans les "plannings d'occupation".

Les données de température et d'humidité relative extérieures proviennent de la station de mesures d'Air Normand située à Grand-Quevilly.

Les valeurs de référence proviennent du décret n° 2012-14 [7] et du RSDT [8]. Les valeurs de comparaison proviennent de la campagne nationale pilote dans 300 écoles et crèches [6] [9].

3.7. Limites

La campagne de mesures est ponctuelle, or les concentrations en polluants (chimiques, physiques ou biologiques) peuvent évoluer au cours du temps. En particulier, les activités pratiquées dans une pièce, le nombre d'occupants et les habitudes d'aération peuvent avoir un impact sur la concentration en CO₂ et le confinement. Par exemple, pendant les périodes hivernales, les habitudes d'aération changent (tendance à diminuer les périodes d'ouvertures des fenêtres), le confinement peut alors augmenter.

Enfin, les valeurs de références utilisées dans ce rapport sont susceptibles de modifications ultérieures du fait de l'évolution des connaissances.

4. Déroulement

En décembre 2013, Air Normand a reçu une plainte des parents d'élèves des écoles maternelle et élémentaire Pépinières Saint Julien. Suite à cette plainte, l'ARS, Air Normand et les services de la ville de Rouen ont effectué une visite des écoles le 1^{er} avril 2014 (Annexe 1). Cette visite a notamment permis de définir les pièces à instrumenter.

La campagne de mesures a eu lieu sur 4.5 jours du lundi 14 au vendredi 18 avril 2014 (période d'occupation normale du bâtiment). La pose et la dépose du matériel de mesures ont été effectuées par l'opérateur d'Air Normand en présence des services de la ville de Rouen.

Les prélèvements de surface ont été effectués le lundi 14 avril 2014 puis immédiatement conditionnés et envoyés au LHVP pour analyses. Les autres données ont été extraites des appareils de mesures puis analysées. Au bout de quelques semaines, le LHVP a transmis les résultats des analyses des prélèvements de surface à Air Normand (ainsi qu'un protocole de décontamination des moisissures en Annexe 2).

5. Résultats

5.1. Résultats bruts

L'ensemble des résultats bruts sont disponibles sur demande auprès d'Air Normand (contact@airnormand.fr).

5.2. Résultats transformés

5.2.1. Paramètres de confort

Les résultats détaillés des paramètres de confort sont rassemblés dans l'Annexe 3.

5.2.1.1. Température

Sur la Figure 2 est représentée l'évolution de la température au cours du temps dans les quatre salles de classe investiguées ainsi que l'évolution de la température extérieure² sur la même période.

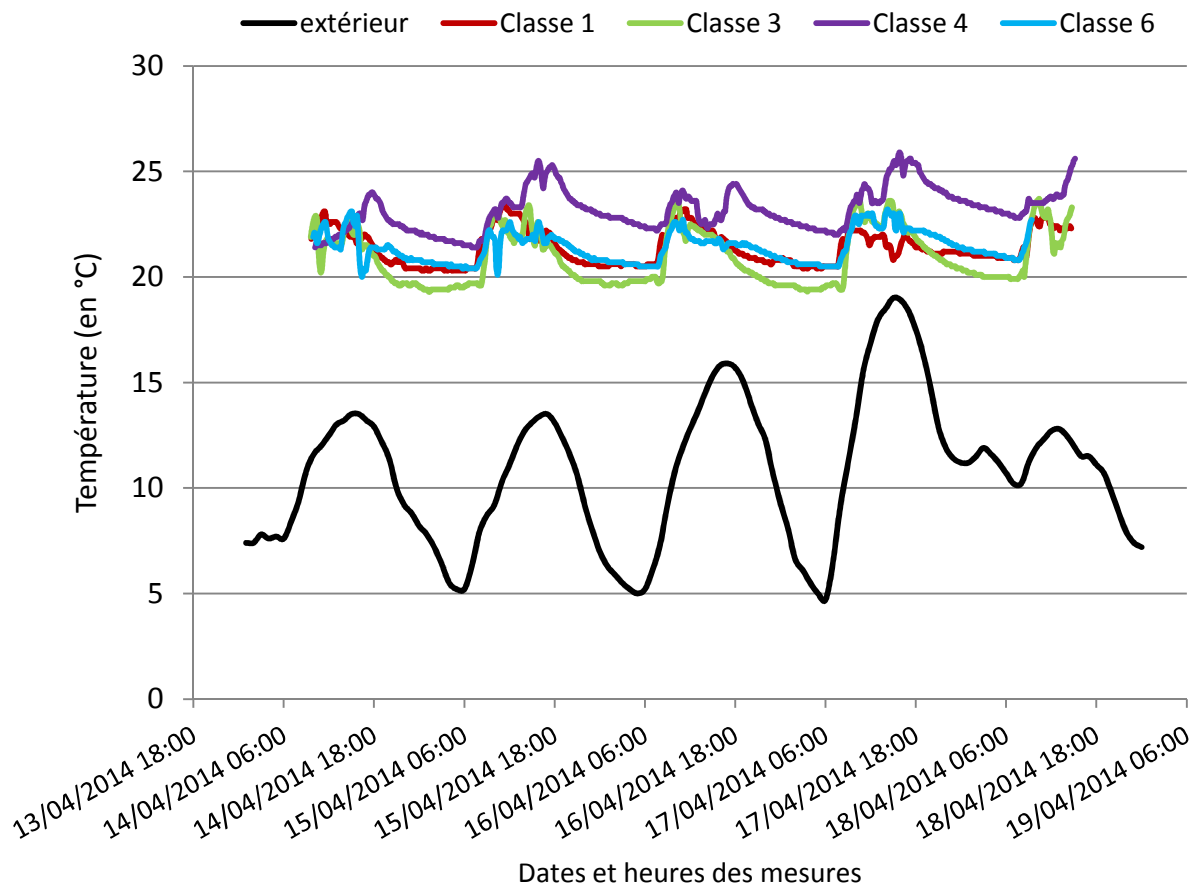


Figure 2 : évolution de la température au cours de la semaine de mesure

La température est globalement homogène entre les salles 1, 3 et 6. Elle est un peu plus élevée dans la salle 4. Elle varie entre 19.3°C et 25.9°C dans les différentes salles investiguées.

On observe une évolution de la température entre le jour et la nuit (diminution de 2 à 4 °C la nuit par rapport au jour). Cette évolution est globalement identique entre les différentes salles investiguées. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont plus marqués à l'extérieur (diminution de 8 à 14°C la nuit par rapport au jour).

² Données de la station de mesures d'Air Normand de Grand-Quevilly.

5.2.1.2. Humidité relative

Sur la Figure 3 est représentée l'évolution de l'humidité relative au cours du temps dans les quatre salles de classe investiguées ainsi que l'évolution de l'humidité relative extérieure² sur la même période.

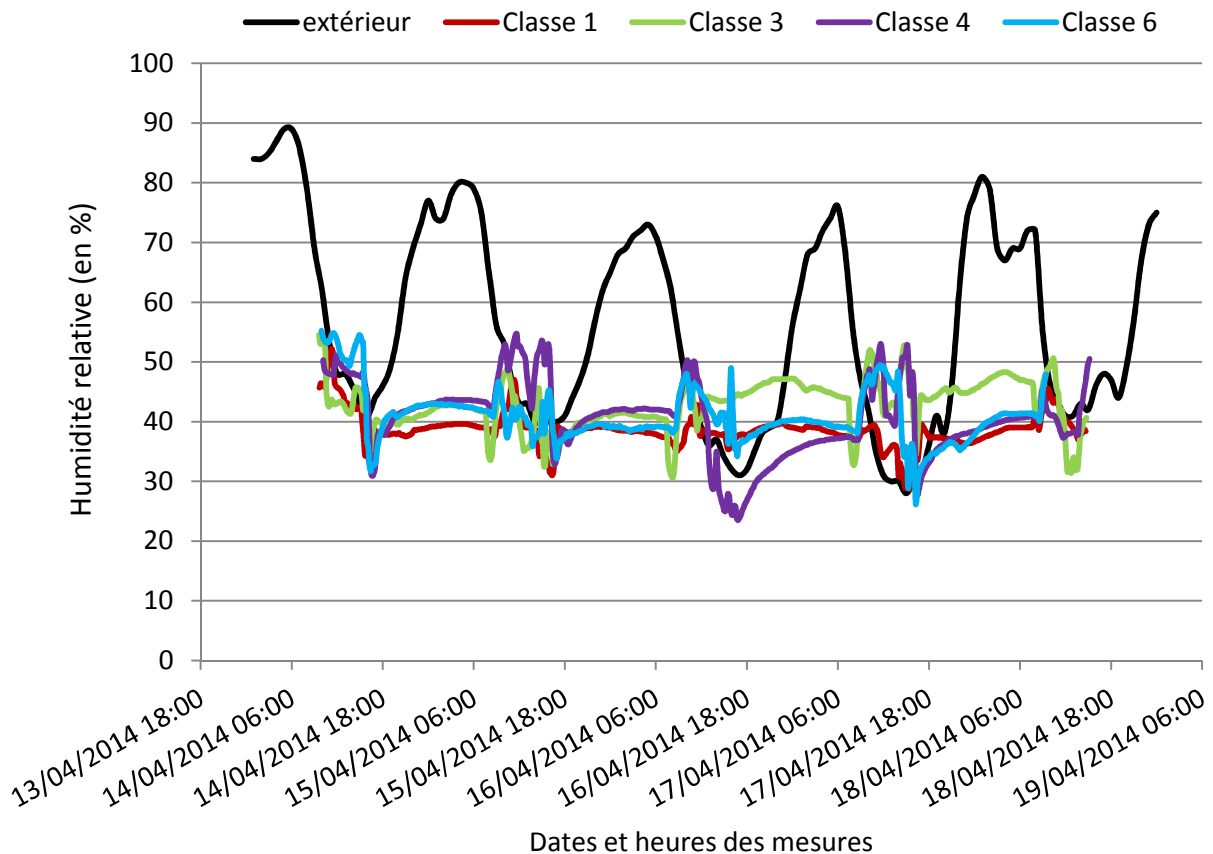


Figure 3 : évolution de l'humidité relative au cours de la semaine de mesure

L'humidité relative évolue globalement de la même manière dans les différentes salles investiguées. L'humidité relative est assez stable lorsque que l'école est inoccupée alors qu'elle fluctue beaucoup plus en période de fréquentation des salles de classes. L'humidité relative augmente de 20% en moyenne pendant les périodes d'occupation des différentes salles de classe investiguées. On observe également une diminution de l'humidité relative (de 5% en moyenne) aux périodes d'ouvertures des fenêtres. Les bornes généralement admises comme satisfaisantes pour l'humidité relative sont entre 20 et 70% (cf. partie 3.0). Dans les différentes salles de classes investiguées, elle varie entre 23.5% et 55.2%. A l'extérieur, on observe des écarts d'humidité relative nettement plus importants entre le jour et la nuit (augmentation de 30 à 45% la nuit par rapport au jour).

5.2.1.3. CO₂

L'évolution des concentrations en CO₂ dans les 4 salles de classe investiguées est représentée sur les graphes des pages suivantes. Sur ces graphes sont également représentés les périodes d'ouverture des fenêtres et l'occupation des différentes pièces (informations fournies par les enseignants).

Classe n° 1 :

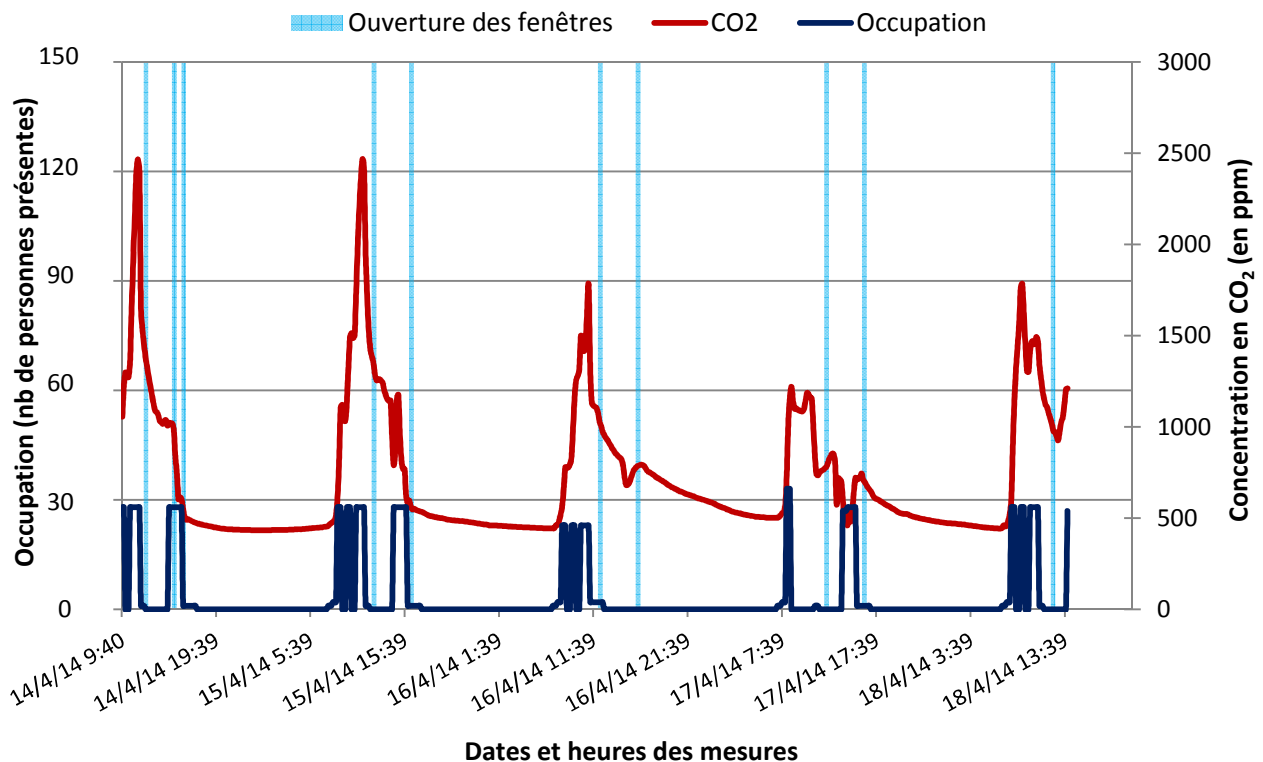


Figure 4 : évolution de la concentration en CO₂ dans la classe n° 1 et périodes d'occupation et d'ouverture des fenêtres

On observe sur la Figure 4 que la concentration en CO₂ augmente dès que la salle est occupée, puis diminue dès qu'elle n'est plus occupée. Cette diminution est plus lente le mercredi 16 avril 2014.

La concentration moyenne en CO₂ au cours de la semaine de mesures est de 727 ppm. La concentration moyenne en CO₂ pendant les périodes d'occupation³ est de 1205 ppm. La concentration maximale observée est de 2468 ppm.

Sur les périodes d'occupation³, on observe un dépassement de la valeur seuil du RSDT (1300 ppm) pendant 5 heures, soit 40 % de la période d'occupation.

Les fenêtres ont été ouvertes 10 fois au cours de la campagne de mesures et, selon le questionnaire rempli par l'enseignant, la durée maximale d'ouverture des fenêtres est de 30 minutes. L'ouverture des fenêtres s'est faite tous les midis et tous les après-midis après le départ des enfants. Le lundi 14 avril après-midi, les fenêtres ont été ouvertes pendant l'occupation de la salle, on observe alors une diminution de 40% de la concentration en CO₂ (de 1019 ppm à 604 ppm).

³ Les périodes dites "d'occupation" sont les périodes pour lesquelles au moins 50% de l'effectif total de la salle concernée était présent.

Classe n° 3 :

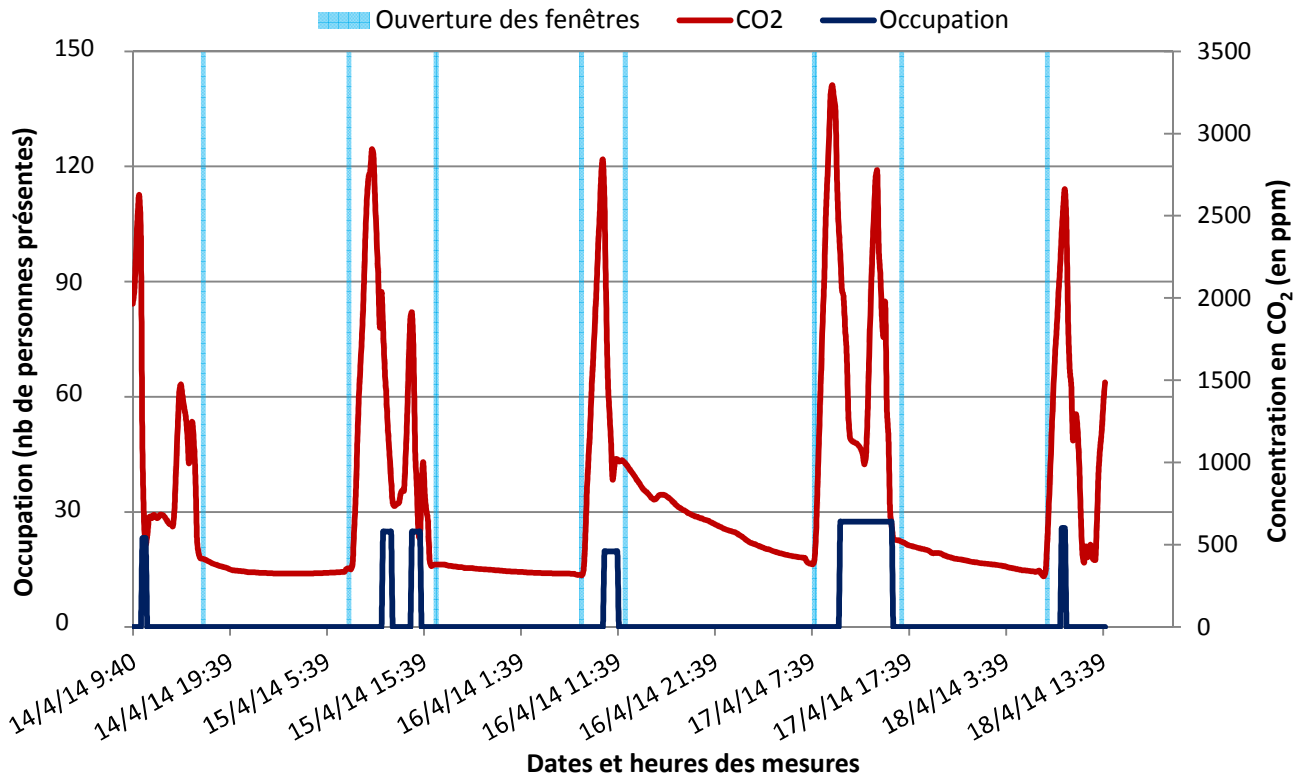


Figure 5 : évolution de la concentration en CO₂ dans la classe n° 3 et périodes d'occupation et d'ouverture des fenêtres

Comme pour la classe n°1, on observe sur la Figure 5 que la concentration en CO₂ augmente dès que la salle est occupée, puis diminue dès qu'elle ne l'est plus. De même, cette diminution est plus lente le mercredi 16 avril 2014.

La concentration moyenne en CO₂ au cours de la semaine de mesures est de 759 ppm. La concentration moyenne en CO₂ pendant les périodes d'occupation est de 1484 ppm. La concentration maximale observée est de 3294 ppm.

Sur les périodes d'occupation, on observe un dépassement de la valeur seuil du RSDT (1300 ppm) pendant 5 heures, soit 50 % de la période d'occupation.

Les fenêtres ont été ouvertes 8 fois au cours de la campagne de mesures et, selon le questionnaire rempli par l'enseignante, la durée maximale d'ouverture des fenêtres est de 30 minutes. L'ouverture des fenêtres s'est faite tous les matins avant l'arrivée des enfants et tous les soirs après le départ des enfants. Le mercredi 16 avril, l'ouverture des fenêtres a eu lieu le midi (au lieu du soir) après le départ des enfants.

Classe 4 :

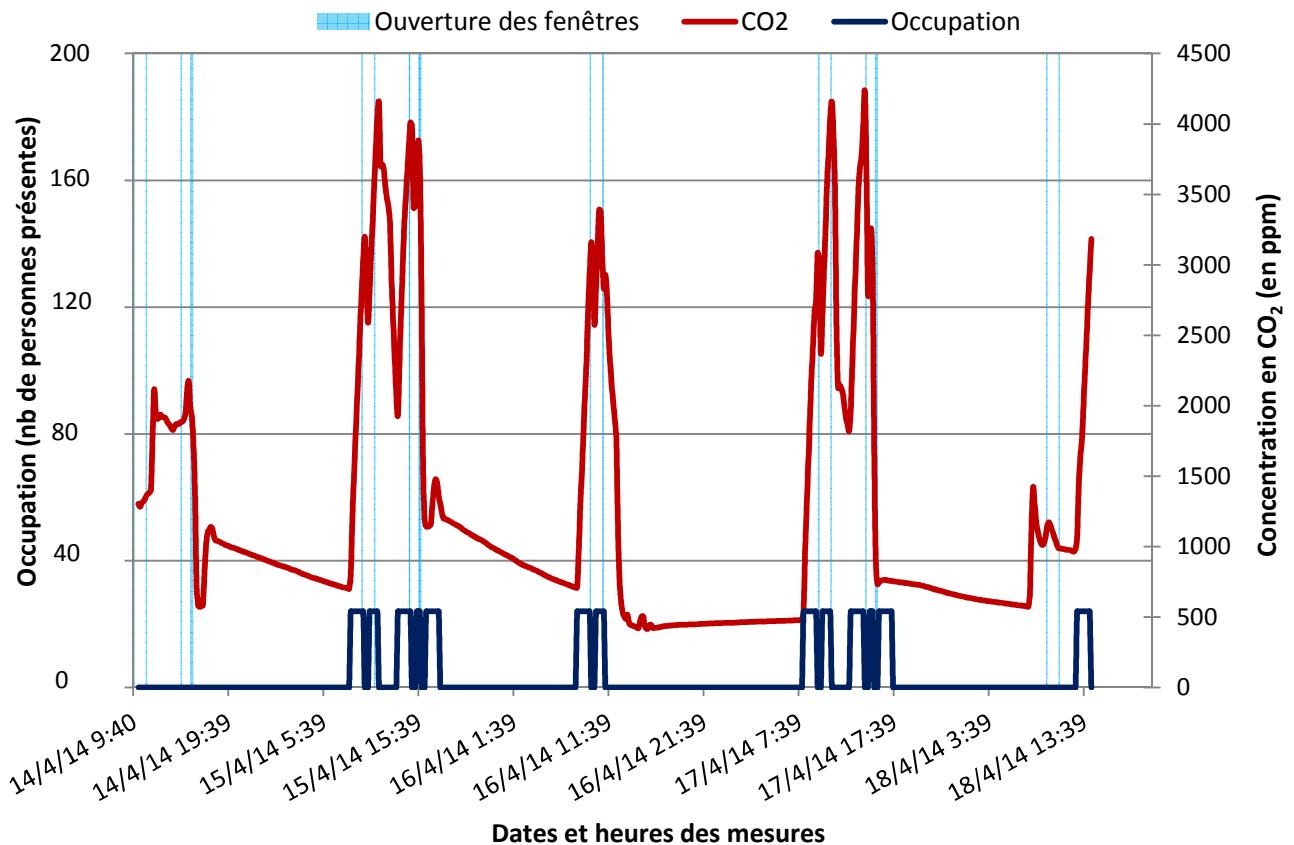


Figure 6 : évolution de la concentration en CO₂ dans la classe n° 4 et périodes d'occupation et d'ouverture des fenêtres

Comme pour les classes n°1 et 3, on observe sur la Figure 6 que l'augmentation et la diminution des concentrations en CO₂ est liée à l'occupation de la classe.

La concentration moyenne en CO₂ au cours de la semaine de mesures est de 1229 ppm. La concentration moyenne en CO₂ pendant les périodes d'occupation est de 2325 ppm. La concentration maximale observée est de 4231 ppm.

Sur les périodes d'occupation, on observe un dépassement de la valeur seuil du RSDT (1300 ppm) pendant 12.3 heures, soit 77 % de la période d'occupation.

Les fenêtres ont été ouvertes 15 fois au cours de la campagne de mesures et, selon le questionnaire rempli par l'enseignante, la durée maximale d'ouverture des fenêtres est de 20 minutes. L'ouverture des fenêtres s'est faite tous les matins pendant l'absence des occupants (récréation), tous les midis après le départ des occupants, et 2 fois pendant tous les après-midis en l'absence des occupants (récréations). Le lundi 14 avril, la salle était inoccupée. On observe ce jour-là une augmentation de la concentration en CO₂, qui est cependant moindre que les autres jours de la semaine.

Le mercredi 16 avril, la salle était inoccupée l'après-midi et aucune ouverture de fenêtre n'a eu lieu.

Classe 6 :

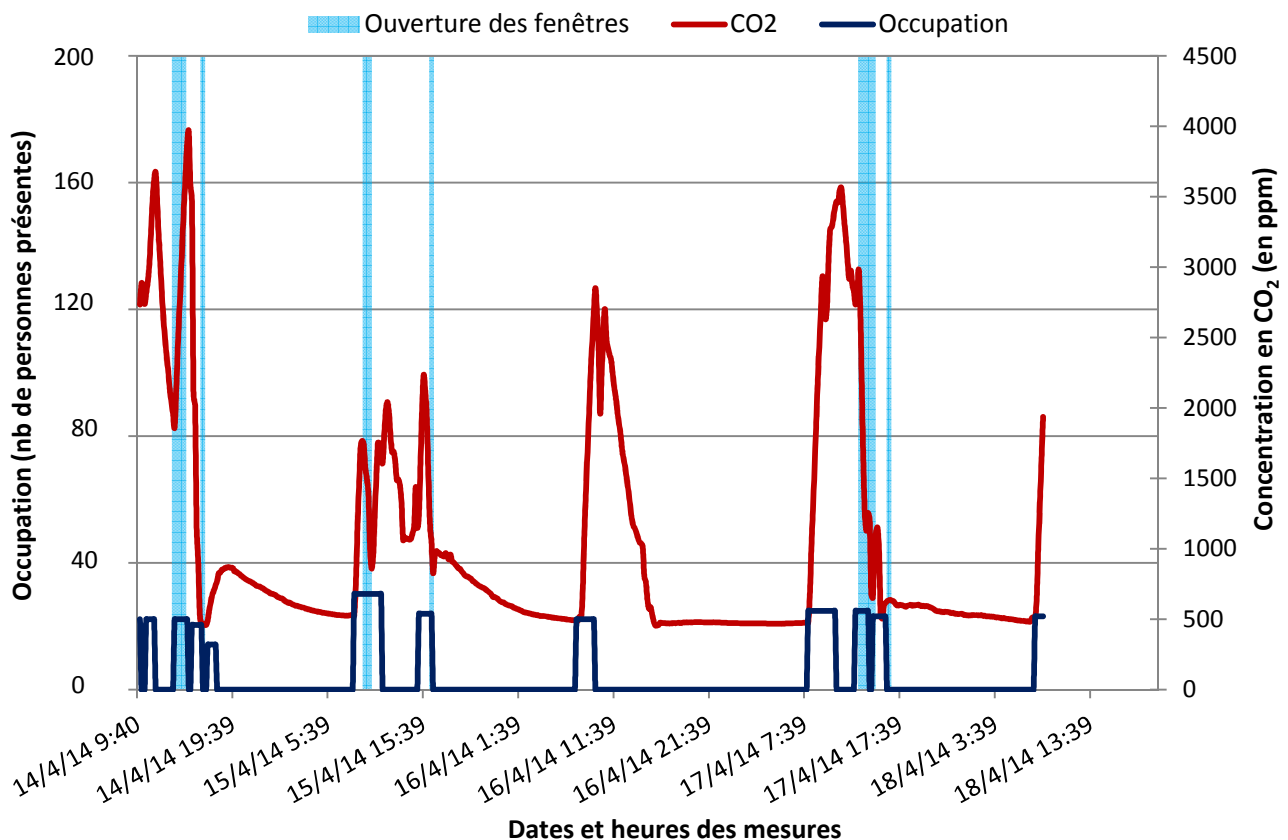


Figure 7 : évolution de la concentration en CO₂ dans la classe n° 6 et périodes d'occupation et d'ouverture des fenêtres

On observe encore une fois sur la Figure 7 que la concentration en CO₂ augmente et diminue en fonction de l'occupation de la salle.

La concentration moyenne en CO₂ au cours de la semaine de mesures est de 1033 ppm. La concentration moyenne en CO₂ pendant les périodes d'occupation est de 1812 ppm. La concentration maximale observée est de 3962 ppm.

Sur les périodes d'occupation, on observe un dépassement de la valeur seuil du RSDT (1300 ppm) pendant 10.8 heures, soit 63 % de la période d'occupation.

Les fenêtres ont été ouvertes 6 fois au cours de la campagne de mesures et, selon le questionnaire rempli par l'enseignante, la durée maximale d'ouverture des fenêtres est de 2 heures. L'ouverture des fenêtres s'est faite tous les jours (sauf le mercredi 16 avril) entre 16h30 et 17h en l'absence des occupants, ainsi que le jeudi après-midi en l'absence des occupants (récréation).

L'ouverture des fenêtres s'est également faite en présence des occupants le lundi après-midi, le mardi matin et le jeudi après-midi, pendant 1h30 à 2h.

- Le lundi après-midi pendant la période d'ouverture des fenêtres : la concentration en CO₂ ne diminue pas.
- Le mardi matin pendant la période d'ouverture des fenêtres : on observe une diminution de 51% de la concentration en CO₂ (de 1767 à 860 ppm).
- Le jeudi après-midi pendant la période d'ouverture des fenêtres : on observe une diminution de 62% de la concentration en CO₂ (de 2984 à 1128 ppm).

La synthèse des résultats est présentée dans le Tableau 2.

Concentration en CO ₂ (ppm)	Moyenne (en occupation)	Maximum	Minimum
Classe 1 (maternelle)	1206	2468	434
Classe 3 (maternelle)	1484	3294	310
Classe 4 (élémentaire)	2325	4231	417
Classe 6 (élémentaire)	1812	3962	456

Concentration en CO ₂ (ppm)	Moyenne ⁴ (en occupation)	Maximum ⁵	Minimum ⁶
Campagne nationale - maternelle	944	3993	285
Campagne nationale - élémentaire	1300	4890	266

Tableau 2 : synthèse des concentrations en CO₂ aux Pépinières Saint Julien et comparaison aux résultats de la campagne pilote nationale (dans 160 établissements) Erreur ! Source du renvoi introuvable.

Les résultats obtenus (en valeur moyenne) dans les salles de classes des Pépinières Saint Julien sont supérieurs aux résultats moyens obtenus dans d'autres écoles maternelles ou élémentaires à l'échelle nationale. Cependant, les concentrations maximales observées lors de la campagne nationale ne sont pas atteintes aux Pépinières Saint Julien, que ce soit du côté maternelle ou du côté élémentaire.

Les résultats obtenus dans la salle 4 des Pépinières Saint Julien sont les plus élevés.

Nota : les concentrations en CO₂ aux Pépinières Saint Julien sont issues d'une unique campagne de mesures réalisée en avril 2014. Les concentrations en CO₂ présentés dans le Tableau 2 pour les campagnes comparatives sont issues des données de deux campagnes réalisées à deux périodes différentes de l'année (une campagne hivernale et une campagne estivale). Or les concentrations en CO₂ sont souvent plus faibles en période estivale. Ceci conforte l'analyse précédente (concentrations de CO₂ largement supérieures aux moyennes nationales).

5.2.1.4. Indice de confinement

Pour les différentes pièces de l'école, les indices de confinement calculés sont synthétisés dans le Tableau 3 (méthode de calcul de l'indice de confinement défini dans la partie 0). Les résultats détaillés des mesures de CO₂ qui ont servi au calcul de l'indice de confinement sont présentés en Annexe 4.

⁴ Médiane sur les 160 établissements de la campagne pilote nationale (phase 2), c'est-à-dire que 50% des établissements présentent des concentrations inférieures à cette valeur et 50% sont supérieures à cette valeur.

⁵ Percentile 99% : c'est-à-dire que 1% des établissements présentent des concentrations supérieures à cette valeur.

⁶ Percentile 1% : c'est-à-dire que 1% des établissements présentent des concentrations inférieures à cette valeur.

Indice ICONE	Salle 1	Salle 3	Salle 4	Salle 6	"Valeur limite" ⁷
Pépinières Saint Julien du 14 au 18 avril 2014	2	3	4	4	5

Tableau 3 : synthèse des indices de confinement aux Pépinières Saint Julien

L'indice de confinement dans les salles de classe varie entre 2 (confinement moyen) et 4 (confinement très élevé). L'indice de confinement est homogène entre les deux salles de classe de maternelle d'une part et entre les deux salles de classe de l'école élémentaire d'autre part.

Dans le cadre de la réglementation [7], ce n'est que lorsqu'on atteint l'indice 5 que des actions de recherche des causes sont à entreprendre rapidement. Ici, les indices de confinement sont inférieurs à la valeur limite de 5.

Néanmoins en cas d'indice 4, il est conseillé de vérifier que l'occupation des pièces est conforme au taux d'occupation prévu. Il est également souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquente des fenêtres pendant les périodes d'occupation, si aucun système de ventilation mécanique n'existe. [10]

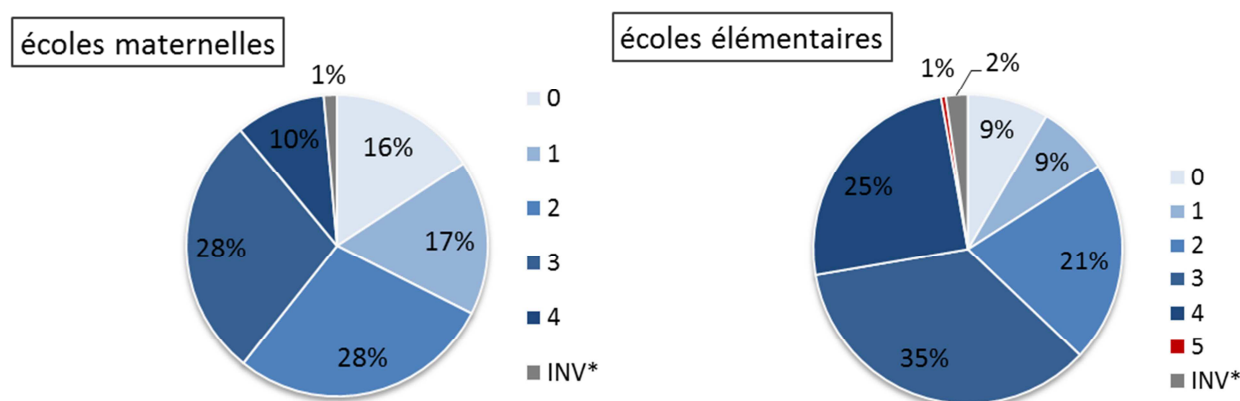


Figure 8 : Répartition des indices de confinement à l'échelle nationale (campagne pilote 2009-2011) [6]

Les résultats obtenus dans les deux classes de maternelle (indice 2 dans la classe n°1 et indice 3 dans la classe n°3) des Pépinières Saint Julien sont rencontrés dans 56% des écoles maternelles de la campagne nationale (28% d'indice 2 et 28% d'indice 3). Les résultats obtenus dans les deux classes de l'école élémentaire (indice 4 dans les classes n°4 et 6) sont rencontrés dans 25% des écoles élémentaires de la campagne nationale.

Nota : les indices de confinement calculés aux Pépinières Saint Julien sont issus d'une unique campagne de mesures réalisée en avril 2014. Les indices de confinement présentés dans la Figure 8 pour les campagnes comparatives sont issus des données de deux campagnes réalisées à deux périodes différentes de l'année (une campagne hivernale et une campagne estivale) et ne sont donc pas strictement comparables.

⁷ D'après le décret n° 2012-14 [7] : valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé.

5.2.2. Contamination fongique

Les prélèvements de moisissures ont été effectués à l'aide de scotch test et d'écouvillons dans les salles 3 (maternelle) et 6 (élémentaire). (cf. Figure 9)



Figure 9 : site de prélèvements de surface (à gauche : classe 3 et à droite : classe 6)

Les résultats des analyses réalisées par le LHVP sont rassemblés dans le Tableau 4.

PIECE	TAILLE DE LA SURFACE CONTAMINEE (1)	TECHNIQUE	MILIEU DE CULTURE	IDENTIFICATIONS FONGIQUES (2)
Classe n°3	Petite	Ecouvillon	malt+chl	<i>Ulocladium botrytis</i> ++
			DG18	<i>Ulocladium botrytis</i> +
		Scotch test		<i>Ulocladium</i> sp +++ Levures ++++ Mycélium +++
Classe n°6	Petite	Ecouvillon	malt+chl	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> + <i>Ulocladium botrytis</i> +
			DG18	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> ++++
		Scotch test		<i>Cladosporium</i> sp +++ <i>Aureobasidium</i> sp + Mycélium ++

{1} Surface contaminée :
Petite : < 1 m²
Moyenne : 1 à 10 m²
Grande : > 10 m²

(2) Quantité relative : échelle de + à ++++

Tableau 4 : synthèse des résultats du LHVP

Les prélèvements de surface réalisés dans les deux salles de classe mettent en évidence une contamination fongique active sur les supports échantillonnés. Au moment et dans les conditions d'échantillonnages, la flore identifiée est assez peu variée et les espèces fongiques mises en évidence sont différentes d'un point de prélèvement à l'autre.

Ainsi, dans la salle de classe 3, le mur de l'angle est colonisé par *Ulocladium botrytis* (isolé en faible proportion sur les écouvillons mais identifié en abondance sur le scotch test). Des levures sont également identifiées sur ce support.

En revanche, dans la salle de classe 6, c'est *Cladosporium sphaerospermum* qui domine sur le haut du mur dans l'angle. De très rare *Aureobasidium* sp et *Ulocladium botrytis* sont également isolés. Du mycélium est observé dans les prélèvements des deux salles de classe.

6. Interprétation des résultats et discussion

Température

L'arrêté du 25 juillet 1977 fixe la limite supérieure de la température de chauffage à 22°C dans les locaux qui hébergent des enfants en bas âge [1]. La température moyenne sur les périodes d'occupation dans l'école est de 21.7°C (température minimale = 19.3°C ; température maximale = 25.9°C).

La température est globalement⁸ homogène entre les différentes salles de classe investiguées et un écart de température est observé entre le jour et la nuit (- 2 à - 4°C la nuit par rapport au jour). Nous pouvons supposer que ces variations de température pourraient être dues à la présence ou l'absence des occupants, à l'ensoleillement au travers des vitrages, ou à l'influence de la température extérieure, etc.

Humidité relative

Le chauffage, la ventilation, mais aussi l'activité des occupants jouent un rôle sur l'humidité relative d'une pièce. Ainsi, on voit que l'humidité relative des salles investiguées augmente de l'ordre de 20% pendant les horaires d'occupation et diminue quand les salles ne sont plus occupées. Lors des périodes d'ouverture des fenêtres, l'humidité relative diminue de l'ordre de 5%. Nous pouvons alors supposer que l'humidité relative à l'intérieur du bâtiment est liée à l'occupation des pièces et que l'aération a un impact sur ce paramètre.

Néanmoins, l'humidité relative des différentes salles de classe investiguées reste comprise entre les bornes de 20 et 70% qui sont généralement admises comme satisfaisantes.

CO₂

Les concentrations en CO₂ dépassent la valeur de référence du RSDT (1300 ppm) pendant 40 à 77% du temps d'occupation des différentes pièces investiguées.

Les différentes courbes de concentration en CO₂ montrent l'influence de l'occupation des pièces sur l'évolution des concentrations en CO₂ : en effet dès qu'une pièce est occupée, la concentration en CO₂ augmente. Puis quand l'occupation diminue, la concentration en CO₂ diminue à son tour plus ou moins rapidement selon les jours. Le lundi 14 avril, dans la classe n° 4, la concentration en CO₂ augmente au cours de la journée alors que cette classe est inoccupée d'après les questionnaires d'occupation remplis par les enseignants. On peut supposer que ceci est dû à l'influence de l'occupation des différentes salles de classe de l'école sachant que celles-ci communiquent entre elles. Le CO₂ peut donc migrer d'une classe vers une autre.

Les périodes d'ouverture des fenêtres ont lieu, la plupart du temps, au départ des occupants des différentes pièces investiguées. De ce fait, il est difficile de différencier l'influence de l'ouverture des fenêtres de la diminution du nombre d'occupants sur la décroissance de la concentration en CO₂.

Les durées d'ouverture des fenêtres sont relativement courtes (de 10 à 30 minutes) et l'ouverture des fenêtres des différentes pièces n'est, dans la plupart des cas, pas synchronisée. Or, l'aération non synchronisée de différentes pièces ne permet pas un abattement total de la concentration en CO₂.

Dans les salles de classes n° 1 et n° 6, les fenêtres ont été ouvertes quelques fois au cours de la semaine de mesures pendant que les pièces étaient occupées. On observe dans la plupart de ces situations une diminution de la concentration en CO₂, de 40% (pour une durée d'ouverture de 30 minutes) à 62% (pour une durée d'ouverture d'1h30). Nous pouvons déduire de ces résultats que l'ouverture des fenêtres, en période d'occupation, permet généralement une diminution significative de la concentration en CO₂.

⁸ Température légèrement plus élevée dans la salle de classe n° 4 exposée au sud..

Les concentrations observées en CO₂ aux Pépinières Saint Julien sont supérieures aux moyennes observées à l'échelle nationale (campagne pilote 2009-2011), notamment dans la salle 4.

Les paramètres pouvant expliquer ce type de situation souvent cités sont : le taux d'occupation des pièces, les activités pratiquées, les habitudes d'aération, l'encombrement des classes ou encore la configuration du bâti.

On note aussi que le système de d'aération (bouche de ventilation statique et ouvertures manuelles des fenêtres) des Pépinières Saint Julien est de type naturelle, alors que 17% des écoles de la campagne pilote nationale sont équipées de ventilation mécanique contrôlée (VMC) dans tout ou partie des bâtiments. Les résultats de la campagne pilote montrent que la présence d'une VMC a un impact sur l'indice ICONNE (diminution d'un point d'indice avec la VMC) et sur la concentration en CO₂ (diminution de la concentration de 18% dans les crèches et écoles maternelles et de 8% dans les écoles élémentaires). [11]

Indice de confinement

Les indices de confinement obtenus sont plus élevés dans la partie élémentaire que dans la partie maternelle.

De façon générale les différences entre les indices de confinement mesurés dans les établissements peuvent s'expliquer par différents paramètres liés entre eux, dont le nombre d'occupants par pièce, les activités pratiquées, l'âge des bâtiments et les habitudes et moyens d'aération.

- Dans l'école maternelle, l'indice de confinement est plus élevé dans la salle 3 (indice ICONNE = 3) que dans la salle 1 (indice ICONNE = 2). Le nombre d'occupants⁹ est similaire dans les deux salles de classe. La salle 1 est occupée 2.7 heures de plus que la salle 3 cette semaine-là¹⁰. Cependant, les fenêtres sont ouvertes 1 heure de plus dans la salle 1 que dans la salle 3¹¹. De plus, dans la salle 1 les fenêtres ont été ouvertes 30 minutes pendant que la salle était occupée entraînant une diminution de 40% de la concentration en CO₂. Ainsi, on peut supposer que le nombre d'heures d'ouverture des fenêtres ainsi que l'aération pendant que la salle est occupée peut expliquer l'indice de confinement plus faible dans la salle 1.
- Dans l'école élémentaire, l'indice de confinement est de 4 dans les deux salles de classe. Le nombre d'occupants⁹ est plus élevé dans la salle 6 que dans la salle 4. La salle 6 est occupée 1.3 heures de plus que la salle 4 cette semaine-là¹⁰. Cependant, dans la salle 6 les fenêtres ont été ouvertes 2 fois plus longtemps que dans la salle 4¹¹. De plus, dans la salle 6 les fenêtres ont été ouvertes plusieurs fois dans la semaine pendant que la salle était occupée entraînant des diminutions significatives de la concentration en CO₂. Ainsi, on peut supposer que le nombre d'heures d'ouverture des fenêtres et l'aération pendant que la salle est occupée permet de limiter le confinement dans une salle où le taux d'occupation est important (en nombre d'occupant et en temps d'occupation).
- Ouvrants intérieurs (portes) : selon nos constatations, les ouvrants donnant sur l'intérieur (portes donnant sur les couloirs) sont ouverts plus fréquemment dans les salles de maternelle que dans l'école élémentaire. Or cette ouverture des portes peut améliorer l'aération des salles de classes, ce qui pourrait expliquer en partie la différence d'indice de confinement entre la partie maternelle et la partie élémentaire.
- Orientation des salles de classe : les deux écoles sont regroupées dans un seul bâtiment (type constructif homogène entre la maternelle et l'élémentaire), mais les quatre salles ne sont pas

⁹ Nombre d'occupants maximal par salle de classe : 33 (salle 1), 32 (salle 3), 27 (salle 4), 34 (salle 6).

¹⁰ Nombre d'heures d'occupation des pièces : 12,7h (salle 1), 10h (salle 3), 16h (salle 4), 17,3h (salle 6).

¹¹ Nombre d'heures d'ouverture des fenêtres : 5h (salle 1), 4h (salle 3), 3,2h (salle 4), 5,8h (salle 6).

orientées de la même façon¹². Le vent peut avoir un effet sur l'efficacité de l'aération (via les grilles d'aération statique et les ouvertures de fenêtres). L'impact sera différent si la direction du vent est parallèle ou perpendiculaire aux grilles et aux fenêtres des salles de classe.

- Encombrement des salles de classe et entretien des grilles d'aération : lors de la visite du groupe scolaire par l'ARS, Air Normand et les services de la ville de Rouen (Annexe 1), un encombrement des salles de classe a été relevé, ainsi qu'un manque d'entretien des grilles d'aération. Cette situation pourrait limiter de façon conséquente la circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment et augmenter alors l'indice de confinement (et la concentration en CO₂).

Ces différents paramètres pourraient expliquer les différences d'indice de confinement (et de concentrations de CO₂) entre les deux salles des deux écoles.

Les indices de confinement ne dépassent pas la valeur-limite de 5 (décret n°2012-14 [7]) au-delà de laquelle des actions de recherche des causes sont à entreprendre rapidement. Néanmoins, dans le cas d'un indice 4, il est nécessaire de vérifier que l'occupation des pièces est conforme au taux d'occupation prévu. Il est également souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquente des fenêtres pendant les périodes d'occupation, si aucun système de ventilation mécanique n'existe. [10]

Il est toutefois important de garder à l'esprit que ces résultats proviennent d'une unique campagne de mesures réalisée en avril 2014. Les concentrations en CO₂ et les indices de confinement sont généralement plus élevés lors des périodes hivernales (où les périodes d'aération naturelle sont réduites pour des raisons de confort thermique).

Contamination fongique (synthèse des conclusions formulées dans le rapport du LHVP)

La présence importante de mycélium dans les prélèvements des deux salles de classe indique une croissance active des moisissures sur les deux supports. Dans la classe 3, la présence de levures témoigne d'une humidité importante. Les moisissures isolées sur les murs des deux salles de classe des pépinières Saint Julien sont des moisissures typiques des environnements intérieurs présentant des problèmes d'humidité. Parmi les moisissures présentes, la plupart ont une potentialité allergisante (*Cladosporium sphaerospermum*, *Ulocladium botrytis*, *Aerobasidium* sp.) (cf. paragraphes 3.0). Les développements fongiques sont dus à une humidité des supports. Nous pouvons avancer plusieurs hypothèses quant à l'origine de l'humidité. Tout d'abord, l'absence d'isolation du plafond pourrait générer des ponts thermiques et donc la formation de condensation sur les parties froides des parois (plafonds, haut des murs, angles des murs). De plus, l'encombrement des salles et des bouches d'aération ne permet pas une bonne circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment. L'association de ces différents facteurs pourrait expliquer l'humidité des supports ainsi que la formation et la croissance de moisissures sur les parois.

7. Conclusion et recommandations

Les résultats présentés dans ce rapport se basent sur la réalisation d'une campagne de mesures dans quatre salles de classe des Pépinières Saint Julien en avril 2014. Les mesures concernent d'une part, le confinement (concentration en CO₂ et indice ICONE) et les paramètres de confort (température, humidité relative) et d'autre part la contamination fongique (moisissures).

Les principales conclusions sont les suivantes :

- Durant la semaine de mesure, l'humidité relative est restée comprise entre les bornes de 20 et 70% qui sont généralement admises comme satisfaisantes.

¹² Orientation des salles de classe : Ouest (salle 1 et 3), Sud (classe 4), Nord (classe 6)

- Les 2 classes de l'école primaire qui ont été investiguées présentent un confinement très élevé (indice ICONNE = 4). Les 2 classes de l'école maternelle présentent, elles, un confinement moyen à élevé (indice ICONNE de 2 à 3). Dans tous les cas, les indices de confinement ne dépassent pas la valeur-limite de 5 (décret n°2012-14 [7]) au-delà de laquelle des actions de recherche des causes sont à entreprendre rapidement. Néanmoins, dans le cas d'un indice 4, il est nécessaire de vérifier que l'occupation des pièces est conforme au taux d'occupation prévu. Il est également souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquente des fenêtres pendant les périodes d'occupation, si aucun système de ventilation mécanique n'existe. [10]
Il est toutefois important de garder à l'esprit que ces résultats proviennent d'une unique campagne de mesures réalisée en avril 2014. Les concentrations en CO₂ et les indices de confinement peuvent être plus élevés lors des périodes hivernales.
- Les prélèvements réalisés dans les deux salles de classe dans lesquels des moisissures étaient visibles révèlent la présence importante de mycélium. Ce constat indique que les moisissures présentes ont une croissance active. Par ailleurs, les moisissures isolées sur les murs des deux salles de classe des pépinières Saint Julien sont des moisissures typiques des environnements intérieurs présentant des problèmes d'humidité. Enfin, parmi les moisissures présentes, la plupart ont une potentialité allergisante.

Le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris qui a réalisé les analyses de moisissures indique que « *les développements fongiques sont dus à une humidité des supports* ». Le laboratoire recommande « *qu'une recherche de l'origine de l'humidité soit entreprise et des mesures pour y remédier appliquées dans les meilleurs délais* » et signale « *qu'une amélioration de la ventilation contribuerait à l'élimination de l'humidité et permettrait ainsi de limiter le développement des moisissures. Enfin, dans l'immédiat, afin de limiter l'exposition des occupants de l'école, les surfaces moisies doivent être soigneusement nettoyées (selon le protocole en Annexe 2). Lorsque cela n'est pas possible, les matériaux moisies doivent être retirés et éliminés, en particulier s'il s'agit de matériaux poreux.* »

Même si les indices de confinement n'atteignent pas la valeur au-delà de laquelle des actions de recherche des causes sont à entreprendre rapidement dans le cadre de la réglementation sur la surveillance de la qualité de l'air dans certains établissements recevant du public comme les écoles, les concentrations en CO₂ sont néanmoins supérieures à la valeur de référence du RSdT pendant 40 à 77% du temps d'occupation. L'amélioration de l'aération du bâtiment permettrait de réduire le confinement. En ce sens, les travaux de renouvellement des grilles de ventilation statique de l'ensemble du groupe scolaire réalisé par les services de la ville de Rouen durant l'été 2014 ainsi que le désencombrement des salles de classe entrepris par le personnel des écoles devrait permettre de faciliter la circulation de l'air dans le bâtiment. Suite à ces travaux et aménagements, Air Normand pourra réaliser une nouvelle campagne de mesures au printemps 2015 pour évaluer leur efficacité sur le confinement des salles de classe.

8. Pages complémentaires

8.1. Annexes

Annexe 1 : Compte-rendu de visite aux écoles pépinières Saint Julien rédigé par l'ARS (01/04/2014)

Comme suite à la réunion qui s'est tenue le 1^{er} avril 2014 au sein de l'établissement mentionné ci-dessus, regroupant les représentants des parents d'élèves élus, Air Normand, l'Agence Régionale de Santé ainsi que vos services et le service communal d'hygiène et de santé, je vous confirme les éléments suivants :

Une campagne d'évaluation de la qualité de l'air intérieur financée par mes services et pilotée par Air Normand aura lieu semaine 16. Seront réalisés au sein des écoles les investigations suivantes : prélèvements de moisissures, mesures en continu du confinement de l'air, de la température et de l'humidité dans 4 classes.

Cependant, dans l'attente des résultats de cette étude, il conviendra de mettre en place dès que possible des aménagements visant à améliorer la circulation de l'air au sein des classes et des locaux sanitaires, notamment :

- désencombrement des classes, en particulier dans les angles de murs où sont apparues les tâches d'humidité, ainsi que dans les locaux de stockage annexés aux classes (dépôt de matériel obstruant les grilles de ventilation basses) ;



- nettoyage approfondi des grilles de ventilation hautes et basses dans les classes et locaux sanitaires ;



- nettoyage approfondi des barrettes d'air récemment posées en haut des fenêtres ;
- découpage de certains papiers peints recouvrant les grilles de ventilation ;
- rappel et affichage des consignes d'aération des classes pendant les récréations et après les opérations de nettoyage.

De plus, une sensibilisation des équipes pédagogiques et personnels d'entretien est à mettre en place afin de renforcer les pratiques d'aération quotidienne de tous les locaux.

Enfin, des travaux de rénovation doivent être également entrepris :

- recherche des sources potentielles d'infiltration par les toitures, sols ou murs extérieurs ;
- déplacement de certains placards ou étagères positionnés dans un angle de mur où sont apparues des tâches d'humidité (ex : classe 1) ;



- lessivage des alvéoles de plafond présentant des tâches d'humidité (ex : classe 6) ;



- lessivage des murs tâchés ;



- rénovation des murs dans certaines classes et locaux sanitaires, pour remédier aux dégradations importantes constatées (ex : locaux WC et lavabo proches de la salle informatique, classe 6, classe 1) ;



Annexe 2 : Lignes directrices applicables à l'élimination d'une contamination fongique en environnement intérieur et protocole de décontamination des moisissures (LHVP)



Lignes directrices applicables à l'élimination d'une contamination fongique en environnement intérieur

Qu'est-ce qu'une moisissure ?

Les moisissures sont des champignons microscopiques qui peuvent se développer sur les surfaces en milieu intérieur lorsque l'humidité est excessive. Leur élimination est alors nécessaire car, en plus de l'altération apparente des matériaux, elles peuvent avoir des effets délétères sur la santé, notamment la santé respiratoire.

Les moisissures sont des microorganismes vivants et autonomes constitués de mycélium (filaments) et de spores (organes de reproduction et de dispersion). Le mycélium s'incruste plus ou moins profondément dans l'épaisseur du matériau contaminé en fonction de la nature de celui-ci : le plâtre et le bois sont susceptibles d'être contaminés en profondeur, les traitements de surface n'auront alors qu'une efficacité provisoire. Les spores sont des particules de très petites tailles qui peuvent être véhiculées et contaminer d'autres matériaux.

Quels sont les objectifs des travaux d'élimination des moisissures ?

Le protocole d'élimination des moisissures a trois objectifs essentiels :

1- Protéger la santé des occupants.

Les actions d'élimination des moisissures étant susceptibles de remettre en suspension dans l'air une quantité importante d'éléments fongiques, il est important de tenir les occupants des locaux éloignés des zones à traiter, en particulier les personnes à risque (personnes âgées, enfants de moins de 12 mois, personnes greffées, immunodéprimées, malades respiratoires et allergiques chroniques...).

2- Protéger les personnes qui effectuent les travaux de décontamination.

Les travaux sont susceptibles d'exposer les personnes à de grandes quantités de spores. C'est pourquoi les travailleurs doivent utiliser les moyens de protection suivants :

- une tenue de travail spécifique et adaptée ;
- le port de lunettes de sécurité pour ne pas exposer les muqueuses oculaires ;
- le port d'une protection respiratoire aux caractéristiques de rétention particulaire au minimum de type FFP1 ;
- le port de gants adaptés (gants en latex, nitrile, cuir ou PVC selon les tâches et le risque associé) pour protéger les mains des produits chimiques éventuellement utilisés et des blessures lors de la manipulation des matériaux contaminés à éliminer.

Mise en garde : toute personne ressentant des troubles respiratoires doit cesser immédiatement tous travaux sur ou à proximité de surfaces contaminées.

3- Nettoyer les matériaux contaminés ou s'en débarrasser tout en empêchant le passage de moisissures des zones contaminées aux zones propres.

Avant le début des travaux, les zones contaminées devront être recouvertes d'une bâche en plastique scellée à l'aide de ruban adhésif, afin de contenir les éléments fongiques, ainsi que les débris et poussières contaminés.

Attention : avant d'entreprendre tous travaux d'élimination, une attention particulière doit être portée sur la présence éventuelle d'autres nuisances environnementales telles que l'amiante et le plomb. En cas de risque avéré, les travaux doivent être réalisés par un professionnel qualifié.

Comment éliminer efficacement les moisissures ?

Les mesures efficaces d'élimination des moisissures consistent à retirer en profondeur le mycélium, à le détruire efficacement et à éviter la dispersion des spores.

NETTOYER OU ELIMINER LES MATERIAUX CONTAMINES

matériaux <u>non poreux</u> (métaux, verre et plastiques durs...)	→	ils peuvent être nettoyés dans la majorité des cas
les matériaux <u>semi-poreux</u> (bois, béton...)	→	ils peuvent être nettoyés si leur structure est saine
les matériaux <u>poreux</u> (panneaux de gypse (placoplâtre), dalles de plafond, isolant...)	→	ils doivent être retirés et éliminés s'ils comportent plus qu'une petite surface contaminée.

Les cloisons en gypse doivent être nettoyées ou retirées sur au moins 15 cm autour de la contamination visible ou de la zone humide.

COMMENT NETTOYER ?

Le principe du nettoyage repose sur :

- ✓ l'application d'une solution détergente et le grattage de la surface
- ✓ éventuellement l'application, dans un deuxième temps, d'une solution désinfectante à activité fongicide (selon la norme EN 1275)

Les recommandations dépendent de l'étendue des zones contaminées à traiter :

<1 m², 1-10 m², > 10 m²

Si plusieurs pièces sont concernées,
commencer par la pièce présentant la contamination la moins étendue.

A ce jour, la recherche n'a pas mis en évidence de lien direct entre l'étendue de la contamination et la fréquence ou la gravité des problèmes de santé. Cependant, plus la surface de matériaux contaminés augmente, plus le potentiel d'exposition augmente et plus le besoin de limiter la dispersion des poussières et l'exposition des travailleurs lors de la décontamination est important. Les procédures de décontamination ont été définies à partir de la taille des zones impactées par la prolifération fongique aussi bien que par des considérations pratiques.

RESOUDRE LE PROBLEME D'HUMIDITE

L'humidité intérieure peut avoir plusieurs origines : fuites en façade ou en toiture, inondations, condensation, humidité relative importante.
Il peut être nécessaire de faire appel à un spécialiste du bâtiment afin d'identifier et de réparer les désordres liés au bâtiment.

Dans tous les cas, l'origine du problème d'accumulation d'eau doit être identifiée et corrigée afin de prévenir la réapparition des moisissures.

Sources :

- Lignes directrices applicables à l'évaluation et l'élimination d'une contamination fongique en environnement intérieur - Service d'hygiène de la ville de New York - 2008
- Contaminations fongiques en milieux intérieurs, diagnostic, effets sur la santé respiratoire, conduites à tenir - Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France : Septembre 2006 - <http://www.sante.gouv.fr/rapports-de-la-section-des-milieux-de-vie.html>



PROTOCOLE DE DECONTAMINATION DES MOISSURES

PETITES SURFACES

INFÉRIEURES A 1m²

Au moment du nettoyage, **tenir éloignés les occupants des locaux**, en particulier les personnes à risque (personnes âgées, enfants de moins de 12 mois, personnes greffées, immunodéprimées, malades respiratoires et allergiques chroniques...).

1. Se protéger avec un **masque de protection respiratoire** de type FFP1, porter des **gants** et des **lunettes de sécurité**.



2. Avant de commencer le nettoyage, recouvrir d'une **bâche plastique** fermée hermétiquement à l'aide de ruban adhésif les surfaces et objets non lavables (moquette, équipements électriques...).

3. **Humidifier légèrement** la surface moisie avec une **solution détergente**, puis **frotter** et **gratter** jusqu'à élimination totale des moisissures, en faisant attention à ne pas générer trop de poussières.



Ne pas trop mouiller la surface afin de ne pas retarder son séchage.

4. Appliquer éventuellement, dans un deuxième temps, **une solution désinfectante** à activité fongicide (selon la norme EN 1275).



Ne jamais mélanger l'eau de Javel avec des produits ammoniacés (certains détergents) ou acides (détartrants par exemple) en raison de dégagements toxiques.

5. **Retirer les matériaux poreux** (isolants, plâtre et dérivés) ne pouvant pas être nettoyés, les mettre dans un sac plastique fermé hermétiquement et les éliminer rapidement.



Veiller à prendre toutes dispositions pour que les matériaux moisies ne soient pas récupérés et donc réutilisés (mise en décharge).

6. Après nettoyage, **éliminer les bâches plastiques** ainsi que les **éponges, chiffons utilisés**.



7. Dépoussiérer la zone de travail avec un **aspirateur équipé d'un filtre HEPA** (Haute Efficacité pour Particules Aériennes).



8. **Aérer** la pièce

9. Bien **sécher les matériaux** décontaminés.



Surveiller régulièrement le support afin de vérifier l'absence de réapparition des moisissures.

Attention ! Toute personne ressentant des troubles respiratoires doit immédiatement cesser tous travaux sur ou à proximité de surfaces contaminées.

Annexe 3 : Données des paramètres de confort (température, humidité relative et concentrations en CO₂)

Les statistiques descriptives concernant la température pour la campagne aux Pépinières Saint Julien sont rassemblés dans le tableau suivant :

Température (en °C)	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne en période d'occupation
Classe 1	21.4	23.5	20.3	22.2
Classe 3	20.9	23.7	19.3	22.6
Classe 4	23.2	25.9	21.4	24.2
Classe 6	21.4	23.2	20.0	22.1
Extérieur	10.8	19.0	4.7	/

Les statistiques descriptives concernant l'humidité relative pour la campagne aux Pépinières Saint Julien sont rassemblés dans le tableau suivant :

Humidité relative (en %)	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne en période d'occupation
Classe 1	38.6	52.2	28.7	39.7
Classe 3	42.8	53.7	30.6	43.4
Classe 4	40.6	54.7	23.5	44.8
Classe 6	40.9	55.2	26.3	43.1
Extérieur	56.3	89.0	28.0	/

Les statistiques descriptives concernant la concentration en CO₂ pour la campagne aux Pépinières Saint Julien sont rassemblés dans le tableau suivant :

Concentration en CO ₂ (en ppm)	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne en période d'occupation
Classe 1	726.9	2468	434	1205.8
Classe 3	759.1	3294	310	1484.0
Classe 4	1229.2	4231	417	2325.2
Classe 6	1032.6	3962	456	1812.4

Annexe 4 : Calcul des indices de confinement

Le détail des calculs des indices de confinement des différentes salles de classe des Pépinières Saint Julien sont présentés dans le tableau suivant :

Pépinières Saint Julien	f ₁	f ₂	Indice ICONE
Classe 1	30/76	14/76	2
Classe 3	28/60	21/60	3
Classe 4	18/96	64/96	4
Classe 6	30/104	51/104	4

8.2. Bibliographie

- [1] DEOUX Suzanne. Bâtir pour la santé des enfants. Andorra : Medieco Editions, 2010, 689 p. ISBN 978-99220-1-770
- [2] Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public [en ligne]. Journal officiel, n° 0281 du 4 décembre 2011, p. 20530. Disponible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024909128&categorieLien=id> (consulté le 30.07.2014).
- [3] Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Contaminations fongiques en milieux intérieurs, diagnostic, effets sur la santé respiratoire, conduites à tenir [en ligne]. Septembre 2006. Disponible sur : http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Contaminations_fongiques_en_milieux_interieurs.pdf (consulté le 31.07.2014)
- [4] BRIAND E. Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. Paris, France : Direction générale de la santé, août 2010, 78 p. Disponible sur : <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf> (consulté le 30.07.2014).
- [5] Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et Ministère des Affaires sociales et de la Santé. La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux accueillant des enfants [en ligne]. SG/DICOM/DIE, 2012, 16 p. Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/11025-4_Qualite-air-ecoles_2015-2023.pdf (consulté le 30.07.2014).
- [6] MICHELOT N., MANDIN C., RAMALHO O., et al. Campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches en France, résultats de la première phase. Pollution atmosphérique [en ligne]. Juillet-septembre 2011, n° 211, pp. 267-279. Disponible sur : <http://www.scienceaction.asso.fr/userfiles/Article-air-interieur.pdf> (consulté le 30.07.2014).
- [7] Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectués au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public [en ligne]. Journal officiel, n° 0005 du 6 janvier 2012, p. 262. Disponible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025105291&dateTexte=&categorieLien=id> (consulté le 30.07.2014).
- [8] Circulaire du 20 janvier 1983 relative à la révision du règlement sanitaire départemental type. Journal officiel du 25 février 1983.
- [9] Campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air intérieur, Phase 2, 2010-2011, données communiquées par le CSTB.
- [10] RIBERON J., RAMALHO O., MANDIN C., et al. 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 [en ligne]. Mai 2012, DESE/Santé n°2012-086R, 10p. Disponible sur : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Protocole_surveillance_confinement_Mai12_finale.pdf (consulté le 08.01.2015).
- [11] RAMALHO O., MANDIN C., RIBERON J., et al. Air stuffiness and air exchange rate in french schools and day-care centres [en ligne]. International journal of ventilation, septembre 2013, vol. 12, n°2, 175-180 pp. ISSN 1473-3315. Disponible sur : <http://www.aivc.org/resource/air-stuffiness-and-air-exchange-rate-french-schools-and-day-care-centres> (consulté le 08.01.2015).