

Qualité

de l'environnement intérieur
dans les écoles fondamentales
de la province de Luxembourg
Rapport final

Septembre 2010



Etude pilote
réalisée par le SAMI-Lux
et soutenue par la Wallonie



Table des matières

Résumé	1
1 Contexte	3
2 Préliminaires	4
3 Objectifs	4
4 Phase préparatoire de l'étude	5
4.1 Constitution de l'échantillon.....	5
4.2 Elaboration du questionnaire.....	7
4.3 Sélection des paramètres à mesurer.....	7
5 Méthodologie	12
5.1 Protocole des mesures.....	12
5.2 Laboratoires d'analyses.....	16
5.3 Mise en œuvre de l'étude.....	17
5.4 Visites et analyses de contrôle.....	19
6 Normes et références	20
6.1 Paramètres d'ambiance intérieure.....	20
6.2 Dioxyde de carbone.....	21
6.3 Composés organiques volatils (COV).....	22
6.4 Formaldéhyde.....	25
6.5 Moisissures.....	26
6.6 Acariens.....	27
6.7 Radon.....	28
6.8 Plomb.....	28
6.9 Amiante.....	29
7 Résultats	30
7.1 Inspection visuelle.....	30
7.2 Paramètres d'ambiance intérieure.....	32
7.3 Dioxyde de carbone.....	37
7.4 Composés organiques volatils.....	41
7.5 Formaldéhyde.....	44
7.6 Moisissures.....	46
7.7 Acariens.....	47
7.8 Radon.....	49
7.9 Plomb.....	50
7.10 Amiante.....	50
8 Discussion	51
9 Conclusion	53
10 Perspectives	55
11 Bibliographie	56
12 Annexes	59

Résumé

L'étude sur la qualité de l'environnement intérieur dans les écoles fondamentales de la province de Luxembourg a été réalisée entre janvier 2008 et décembre 2009. Septante-deux implantations scolaires ont été sélectionnées de façon aléatoire, ce qui représente 20 % des écoles fondamentales de la province, tous réseaux confondus.

Les visites des écoles comprenaient deux volets : l'inspection visuelle de l'ensemble de l'établissement et la réalisation d'analyses systématiques dans deux classes, la 1^{ère} maternelle et la 3^{ème} primaire.

Les paramètres et polluants de l'air intérieur les plus souvent cités dans la littérature et ayant une influence reconnue sur la santé ont été mesurés dans ces deux classes : la température, l'humidité relative, le dioxyde de carbone, les composés organiques volatils, le formaldéhyde, les moisissures, les acariens, le radon. Des analyses complémentaires de fibres d'amiante dans les matériaux et du plomb dans les peintures écaillées étaient effectuées en présence de sources éventuelles de ces polluants dans le bâtiment.

Environ 90 % des bâtiments occupés par les écoles (66 sur 72 implantations visitées) sont en bon état général. Cependant, un entretien insuffisant est observé dans 50 % des écoles visitées (36/72). Ce manquement se remarque essentiellement au niveau des sanitaires ainsi que par l'accumulation de poussières (réservoirs de polluants divers tels que : composés organiques volatils, allergènes, spores de moisissures, etc.) dans les classes.

D'autres facteurs de risque de réactions allergiques pour des personnes sensibilisées ont également été identifiés. Ainsi, la présence d'allergènes d'acariens a été détectée dans 54 % des classes maternelles (36/66). Des animaux sont présents dans 21 % des établissements (15/72). Des plantes allergisantes telles que le ficus sont trouvées dans 14 % des écoles visitées (10/72).

Le taux de dioxyde de carbone est généralement faible au début de la matinée mais augmente progressivement et, selon la période de la journée, dépasse les recommandations dans 79 à 95 % des classes analysées (107 à 129/136).

La présence de signes d'humidité ou de moisissures a été détectée dans 15 % des classes sélectionnées (20/136) mais aussi parfois dans d'autres locaux tels que les toilettes et les caves. Le développement fongique est généralement restreint et ne dépasse jamais la surface de 3 m² considérée comme seuil de salubrité.

Concernant les polluants chimiques tels que les composés organiques volatils et le formaldéhyde, la variabilité des valeurs seuils rencontrées rend l'interprétation des résultats difficile. En fonction de la norme utilisée, entre 37 et 54 % des classes (50 à 73/136) dépassent les valeurs seuils recommandées pour les TCOV, tandis qu'entre 3 et 36 % des classes (4 à 49/136) dépassent les valeurs seuils établies pour le formaldéhyde.

Le radon constitue également une source de pollution non négligeable, puisque 24 % des écoles visitées (17/72) présentent un taux supérieur aux recommandations européennes.

Enfin, il ne faut pas négliger la présence du plomb dans les peintures (détecté dans une école) et des fibres d'amiante dans les matériaux (détectées dans 4 échantillons). En effet, les matériaux ou peintures contenant ces polluants peuvent constituer une source d'exposition importante en cas de détérioration ou de travaux.

Des situations particulièrement problématiques ont été rencontrées dans certaines écoles (contamination fongique inquiétante, taux très élevés de composés organiques volatils ou radon). Ces écoles ont été revisitées et des analyses de contrôle y ont été effectuées. Pour les cas extrêmes, des solutions ont généralement pu être envisagées et ont été mises en œuvre.

1 Contexte

La qualité de l'air représente depuis de nombreuses années un sujet de préoccupation majeure pour les sociétés modernes. Mais alors que l'on pense généralement à la pollution atmosphérique, des études menées ces dernières années ont montré l'existence de problèmes de pollution là où on les attendait le moins, c'est-à-dire à l'intérieur des bâtiments !

Les polluants intérieurs peuvent avoir des conséquences non négligeables sur la santé. Ils sont notamment régulièrement incriminés dans l'apparition des symptômes divers constituant le Syndrome de Bâtiments Malsains et dans l'explosion des allergies. Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) classe la pollution de l'air à l'intérieur des habitations au huitième rang des facteurs de risque à l'origine de problèmes de santé.

Il est donc incontestable que nous devons veiller à la qualité de notre environnement intérieur. Il est tout aussi incontestable que celui-ci ne se limite pas à notre maison, mais comprend également les bureaux, les lieux de loisirs... et les écoles.

Les écoles représentent un milieu intérieur particulier : elles sont fréquentées par un grand nombre de personnes, essentiellement des enfants, pendant un temps assez long. Or, les enfants sont plus vulnérables aux polluants que les adultes car, proportionnellement, ils respirent plus d'air et ingèrent plus d'aliments. En outre, leur organisme n'est pas encore entièrement développé et leurs mécanismes de détoxification ne fonctionnent pas encore parfaitement. Et pourtant, il faut reconnaître que ce milieu est peu étudié jusqu'à présent.

Quelques études réalisées au niveau mondial ont montré l'influence de l'environnement scolaire et notamment l'impact du taux de renouvellement d'air sur les performances des élèves : celles-ci, déclinées en termes de temps de réaction, de notes obtenues, d'absentéisme ou de performance mentale subjective, semblent affectées par un taux de renouvellement d'air faible ou encore une concentration en CO₂ élevée.

Des études, ciblant d'autres polluants, ont également été menées ces dernières années, essentiellement dans les pays nordiques et en France. Mais elles portent sur de petits échantillons et sont donc difficilement extrapolables.

En Belgique, chaque école doit être visitée par le médecin scolaire, qui évalue l'hygiène et la sécurité au sein de l'établissement. Ces visites ne concernent cependant pas la présence de polluants éventuels dans l'air ni les taux de ventilation qui conditionnent une bonne qualité de l'air dans le bâtiment.

Dans ce contexte, afin de cibler au mieux la problématique dans notre pays et envisager par la suite des actions de sensibilisation pertinentes à l'intention des publics scolaires, la Province de Luxembourg a décidé de développer une étude pilote sur la qualité de l'environnement intérieur dans les écoles fondamentales de son territoire.

2 Préliminaires

La province de Luxembourg est située dans le sud-est de la Belgique. Placée sous la tutelle de la Région wallonne, elle est administrativement partagée en cinq arrondissements et 44 communes. D'une superficie de 4 440 km², elle est la plus grande province de Belgique, mais aussi la moins peuplée (264 084 habitants), avec une densité de population d'environ 59 habitants par km² (données de l'INS pour 2008).

A la différence des autres provinces wallonnes, la province de Luxembourg se caractérise par une très faible proportion de surface bâtie (3.2 %) et une grande proportion de surfaces boisées (46.5 %) et de terres cultivées (41.2 %) (Tableau de Bord socio-économique de la province de Luxembourg, 2008).

Il y a très peu d'industries polluantes et pas de grands centres urbains, caractérisés par une circulation routière dense. Ainsi, la population de la province vit essentiellement dans des petites villes et des villages. Arlon, la plus grande ville et chef-lieu de la province, compte environ 27 000 habitants.

Par conséquent, la plupart des écoles fondamentales en province de Luxembourg sont de petites écoles. La médiane du nombre des élèves y est de 62 et seules 35 écoles (10 %) enregistrent une population d'élèves supérieure à 200.

3 Objectifs

L'étude a deux objectifs principaux :

- Réaliser un état des lieux de la situation dans les écoles fondamentales de la province de Luxembourg, permettant l'identification des sources de nuisances et des polluants les plus fréquemment rencontrés dans les établissements scolaires.
- Elaborer un recueil de recommandations visant à améliorer la qualité de l'environnement et à prévenir d'éventuels problèmes.

L'objectif secondaire, à développer ultérieurement, est la conception d'un programme d'actions de sensibilisation et d'information des publics scolaires (enseignants, élèves, directions, personnel d'entretien, médecins et infirmières scolaires, etc.) sur la problématique de la qualité de l'air intérieur.

4 Phase préparatoire de l'étude

La phase préparatoire, ainsi que les méthodes de traitement statistique des données ont été validées par le comité scientifique. Ce comité regroupe des scientifiques spécialisés dans différents domaines couvrant pratiquement tous les aspects abordés par l'étude : la chimie, la mycologie, les allergies, la statistique, l'épidémiologie, la sensibilisation en matière de pollution intérieure, etc. La composition du comité scientifique est détaillée en annexe I.

4.1 Constitution de l'échantillon

Lors de la constitution de l'échantillon, en janvier 2008, la province de Luxembourg comptait 352 implantations scolaires pour le niveau fondamental, réparties en trois réseaux : communal (241 implantations, soit 68 %), libre (67 implantations, soit 19 %) et de la Communauté française (44 implantations, soit 13 %) (Figure 4.1).

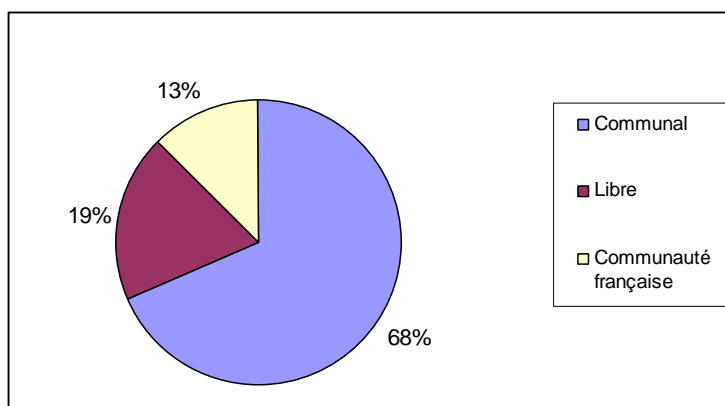


Figure 4.1 : Répartition selon le réseau des écoles fondamentales en province de Luxembourg

Afin d'être représentatif de la province de Luxembourg, l'échantillon devait comprendre au moins 20 % des implantations scolaires. Il a été constitué de façon aléatoire, en tenant cependant compte des trois critères suivants :

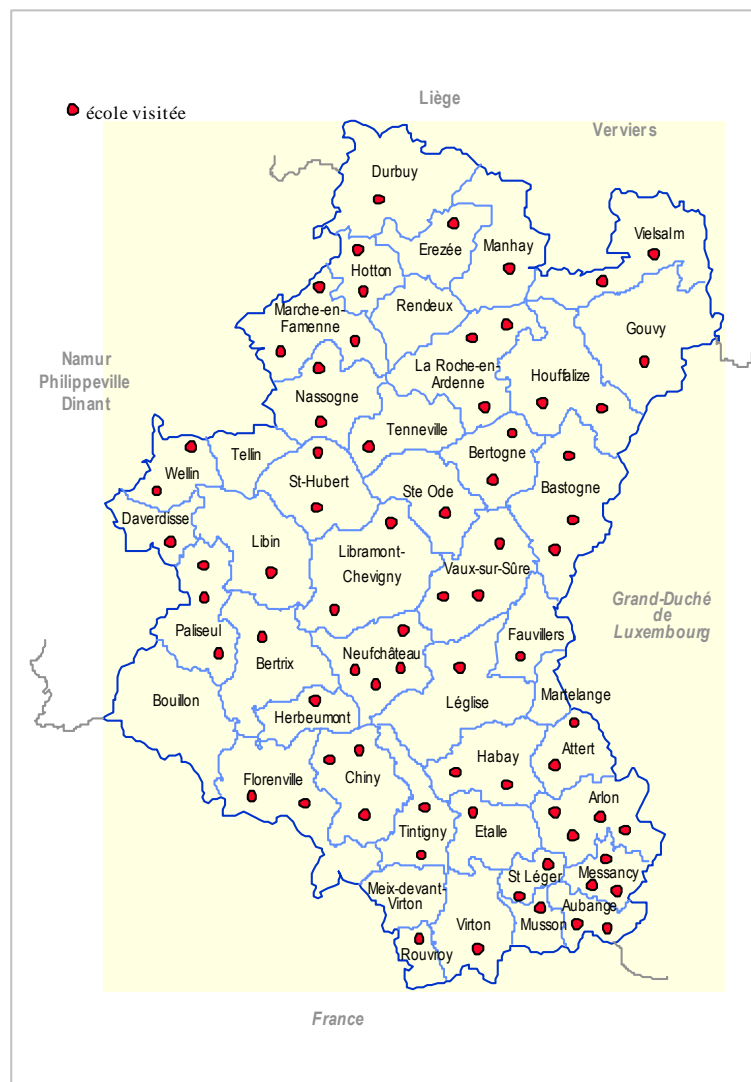
- 1. le réseau** : écoles communales, libres ou de la Communauté française ;
- 2. une répartition géographique uniforme au sein de la province**, selon la localisation dans un des cinq arrondissements de la province : Arlon, Bastogne, Marche-en-Famenne, Neufchâteau ou Virton ;
- 3. la taille des écoles** : en fonction du nombre d'élèves, les écoles ont été classées en « grande » ou « petite » selon la médiane calculée pour chaque réseau et arrondissement.

Ce mode de constitution de l'échantillon a permis d'avoir une représentation équitable par réseau, par arrondissement et par taille d'école (Tableau 4.1).

	Nombre d'implantations	Nombre d'élèves	Nombre d'écoles dans l'échantillon	Nombre d'élèves dans l'échantillon
Ecoles de la Communauté française	44	6.019	9	1.498
Ecoles communales	241	16.937	48	3.184
Ecoles libres	67	9.492	15	2.085
Total	352	32.448	72	6.767

Tableau 4.1 : *Nombre d'implantations et d'élèves dans les écoles de la province de Luxembourg et dans l'échantillon sélectionné pour l'étude*

Les implantations scolaires sélectionnées sont réparties uniformément dans la province, mais cinq communes sur 44 ne sont pas représentées dans l'échantillon (Figure 4.2).



La majorité des implantations scolaires sélectionnées pour l'étude (64/72) ont un enseignement maternel et primaire. Deux implantations ont uniquement un enseignement maternel et six n'ont qu'un enseignement primaire. Le nombre d'élèves dans les implantations sélectionnées varie entre 10 et 348 ; la médiane du nombre des élèves s'élève à 73.

Figure 4.2 : *Représentation géographique de l'échantillonnage*

4.2 Elaboration du questionnaire

Le recueil des données utiles pour l'étude a été réalisé à l'aide d'un questionnaire spécialement conçu (annexe II). Elaboré en vue de permettre la collecte d'informations pertinentes et statistiquement interprétables, il a été inspiré de modèles utilisés et validés dans le cadre de pratiques de terrain ou d'études similaires, notamment :

- le formulaire utilisé par le SAMI-Lux lors des enquêtes dans l'habitat ;
- le document employé par les médecins scolaires lors de leurs visites d'établissements scolaires ;
- le questionnaire mis au point dans le cadre du projet national portant sur l'auto-évaluation de la qualité de l'environnement intérieur dans les milieux d'accueil de la petite enfance (participation active au projet) ;
- le questionnaire développé et utilisé par des chercheurs suédois dans le cadre d'investigations sur la qualité de l'environnement scolaire (contact personnel).

Le questionnaire conçu pour l'étude, complété pendant les visites des écoles, comportait deux volets distincts : l'un ciblait particulièrement les classes sélectionnées pour l'étude (cfr. page 17) tandis que l'autre concernait l'ensemble de l'établissement visité et comprenait, entre autres, les informations suivantes :

- Environnement général et abords de l'école : localisation, trafic routier, nuisances à proximité, conditions météorologiques lors de la visite.
- Caractéristiques du ou des bâtiment(s) : année de construction, matériaux utilisés dans la construction et la finition, année et type de rénovation, mode de ventilation, type de chauffage, emplacement de la chaudière, ameublement et équipement, existence d'une cave, etc.
- Les défauts visibles du ou des bâtiment(s) et la présence de sources éventuelles de polluants : dégradation de matériaux, présence de signes d'humidité ou de développement fongique, odeurs, présence d'animaux, de sources d'acariens.
- L'entretien du ou des bâtiment(s) : propreté (classes, couloirs, sanitaires), fréquence de nettoyage des classes, présence et type de produits de nettoyage.

4.3 Sélection des paramètres à mesurer

Les polluants potentiels des milieux intérieurs sont très nombreux et variés, ce qui rend l'analyse de la totalité de ceux-ci impossible, tant d'un point de vue méthodologique que financier. Par ailleurs, l'état des connaissances actuelles ne permet pas de déterminer pour chaque polluant les conséquences éventuelles sur la santé. Le choix des polluants à analyser doit dès lors être fondé sur leur prépondérance dans les milieux intérieurs, leurs effets potentiels sur la santé et la faisabilité de l'analyse (coût et méthodologie).

Dans le cadre de cette étude, la sélection des polluants s'est basée sur plusieurs ouvrages belges et internationaux (entre autres : CRIPI 2004, EFA 2004, Koistinen et al. 2008, Namiesnik et al. 1992, OQAI 2006, Santé Canada, Yu and Crump 1998), ainsi que sur l'expérience acquise par le SAMI-Lux dans les enquêtes d'habitat ou lors de ses participations aux projets ayant pour sujet l'environnement intérieur¹.

En résumé, nous avons sélectionné les paramètres les plus souvent cités dans les études, dont l'influence sur la santé est reconnue et dont la détection est relativement facile. Nous avons également mesuré des paramètres d'ambiance intérieure qui, bien que ne pouvant être qualifiés de polluants au sens strict, influencent la présence ou les concentrations de certains polluants (ex. lien entre humidité et moisissures) et donnent des informations précieuses sur les conditions de ventilation.

4.3.1 Paramètres d'ambiance intérieure

La température de l'air et l'humidité relative constituent deux des six paramètres caractérisant le confort thermique (les quatre autres sont : la vitesse de l'air, la température des parois, l'habillement et le métabolisme humain). Chacun de ces paramètres influence, à un degré différent, la perception du confort thermique.

L'humidité relative, fortement dépendante de la température, agit également sur l'organisme humain, essentiellement sur la peau et les muqueuses. Une humidité relative trop basse provoque un dessèchement et une irritation de la peau et des muqueuses. Elle amplifie également l'électricité statique dans le bâtiment. Par contre, une humidité relative trop élevée favorise le développement de microorganismes tels que les moisissures et les acariens.

4.3.2 Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore et inodore produit par les processus métaboliques et la combustion des matières organiques. Sa concentration moyenne dans l'air extérieur est d'environ 340 ppm, mais ses teneurs varient considérablement selon le temps et l'endroit.

Dans les bâtiments, les appareils de chauffage non raccordés à une cheminée constituent les principales sources de CO₂. Cependant, le métabolisme humain à lui seul augmente considérablement le taux de CO₂ dans les pièces mal aérées.

Une augmentation de la concentration ambiante de dioxyde de carbone entraîne une augmentation de l'acidité dans le sang ainsi que de la fréquence et de l'amplitude respiratoire. Des symptômes subjectifs comme la fatigue, des maux de tête ou des effets cardiovasculaires ont été associés à des concentrations de dioxyde de carbone de 500 à 3200 ppm.

¹ Projet "Politique de produits et pollution intérieure" et projet "Mise au point d'un outil d'évaluation et analyse de l'environnement intérieur dans les milieux d'accueil de la petite enfance".

4.3.3 Composés organiques volatils (COV)

Les composés organiques volatils regroupent une multitude de substances appartenant à différentes familles chimiques (hydrocarbures aromatiques, alcanes, aldéhydes, terpènes, etc.). Ces substances, contenues dans la plupart des matériaux et produits, s'évaporent facilement à température ambiante et se retrouvent ensuite dans l'air. Dès lors, l'air intérieur contient souvent de nombreux composés volatils.

L'exposition de la population générale aux COV est encore mal connue et seuls quelques composés (par exemple le benzène) ont été suffisamment étudiés pour connaître leur influence sur la santé. Leurs effets sur la santé sont très divers et peuvent se manifester par une gêne olfactive, une irritation des voies respiratoires et des yeux, des réactions allergiques, des troubles respiratoires, des symptômes nerveux, voire un développement de cancer. L'évaluation des effets sur la santé des COV est d'autant plus difficile qu'ils sont présents en mélanges et que leur toxicité peut avoir un effet additif, synergique, antagonique ou encore indépendant l'un de l'autre.

4.3.4. Formaldéhyde

Le formaldéhyde est un composé volatil largement utilisé dans la fabrication des matériaux de construction, d'équipement de logements, de produits d'entretien, etc. Ses sources dans l'air intérieur sont ainsi très nombreuses et comprennent notamment :

- les meubles en particules de bois ;
- les matériaux de finition comme certaines peintures, papiers peints, colles, adhésifs, vernis, laques ;
- les produits d'entretien (détergents, désinfectants, assouplissants) ;
- les cosmétiques, tels que les produits d'hygiène corporelle (savons liquides, shampoings), les vernis à ongles, les crèmes corporelles.

Le formaldéhyde est un irritant des voies respiratoires supérieures et des yeux. A long terme, les expositions au formaldéhyde pourraient augmenter le risque de développer des pathologies asthmatiques et des sensibilisations allergiques. Il influence également le système nerveux, provoquant des céphalées, de la fatigue, des problèmes de mémoire et de concentration.

L'exposition prolongée à de fortes concentrations de formaldéhyde, essentiellement dans les lieux de travail, peut causer des lésions au niveau de l'épithélium nasal étant à l'origine de cancers du nasopharynx. En 2004, le Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC, a classé le formaldéhyde dans le groupe 1 : cancérogènes certains pour l'homme.

4.3.5 Moisissures

Les moisissures sont des champignons microscopiques ubiquistes. Leur réservoir naturel se situe à l'extérieur, sur la matière organique en décomposition. Dans le milieu intérieur, les moisissures peuvent se développer sur des matériaux celluloseux (papier, bois, coton) ou d'origine animale (cuir).

L'élément déterminant la prolifération fongique demeure la présence d'eau disponible ; il s'agit le plus souvent de problèmes d'infiltration, de condensation de surface ou encore de la conséquence d'une inondation ou d'une fuite d'eau.

Les effets des moisissures sur la santé sont fonction du mode et de l'importance de l'exposition, de l'espèce en cause et de la sensibilité individuelle. Certains individus sont, de par leur condition, plus susceptibles de développer des problèmes de santé lorsqu'ils sont exposés aux moisissures. Il s'agit essentiellement des personnes allergiques, souffrant de problèmes respiratoires, des immunodéprimés, ainsi que des nourrissons et des jeunes enfants. Les principaux effets sur la santé sont des réactions allergiques, des infections diverses, des irritations des yeux, du nez et de la gorge, des effets toxiques se manifestant par des maux de tête, de la fatigue, des douleurs articulaires et des symptômes gastro-intestinaux.

Pour une personne allergique déjà sensibilisée aux moisissures, la majorité des espèces en milieu intérieur peuvent poser un risque de réaction et ce, même à de faibles concentrations. D'autre part, dans le cas des effets toxiques, les personnes allergiques comme celles non allergiques peuvent être affectées ; il faut toutefois remarquer que des expositions répétées ou à de fortes concentrations semblent être nécessaires pour induire une réaction. Enfin, il faut souligner que, sauf pour ce qui est des infections, les structures non viables² d'une espèce donnée peuvent être tout aussi nocives que ses structures viables.

4.3.6 Acariens

Les acariens sont des animaux microscopiques (0,3 à 0,5 mm) appartenant à la famille des arachnides. Ils sont présents dans tous les milieux, de préférence chauds et humides. Dans les milieux intérieurs, ils se développent essentiellement dans la literie, mais également dans les canapés en tissu, les tapis, les moquettes, les peluches, les tissus d'ameublement et la poussière en général.

Les acariens, peu dérangeants pour la plupart des personnes, peuvent entraîner des réactions allergiques chez les personnes sensibilisées. Ils peuvent être responsables de différents symptômes tels que : rhinite, conjonctivite, dermatite, eczéma atopique, asthme.

4.3.7 Radon

Le radon est un gaz radioactif inodore, incolore et insipide. Il provient de la désintégration de l'uranium présent dans les roches du sous-sol, plus particulièrement les grès et les schistes. Puisque le radon est un gaz « piégé » dans la croûte terrestre, il va chercher à se libérer et à atteindre la surface en passant à travers les pores et les fissures des roches. Il peut ainsi soit se retrouver à l'air libre, où il se dilue rapidement dans l'atmosphère, soit pénétrer à l'intérieur des bâtiments et s'y accumuler.

La concentration en radon varie fortement d'un bâtiment à l'autre, en fonction notamment du type de sous-sol sous le bâtiment, de la porosité du matériau en contact

² Les particules ou structures viables sont des microorganismes capables de se multiplier dans des conditions de pression, d'humidité et de température appropriées.

avec le sol, du type de construction, du mode de vie des occupants (ventilation, etc.), de la saison et des conditions météorologiques. Le seul moyen de connaître le taux de radon est donc une mesure pendant plusieurs mois.

Les résultats des différentes études internationales montrent qu'une exposition de longue durée au radon augmente le risque de développer un cancer du poumon et que le radon serait responsable d'environ 10 % des cancers du poumon. En 1988, le radon a été classé parmi les substances cancérigènes pour l'homme (groupe 1 de la classification CIRC).

4.3.8 Plomb

Le plomb est omniprésent dans l'environnement. Il pénètre dans l'organisme par voie digestive, aérienne ou placentaire. L'intoxication par le plomb, appelée aussi saturnisme, survient le plus souvent par ingestion de ce métal.

Deux sources principales de plomb sont rencontrées dans les milieux intérieurs :

- les peintures contenant du plomb, encore présentes dans de nombreux bâtiments anciens. Les enfants peuvent s'intoxiquer par l'ingestion des écailles et poussières de ces peintures lorsqu'elles sont en mauvais état ;
- l'eau de distribution venant de canalisations en plomb.

L'exposition au plomb est plus grave chez les jeunes enfants car leur organisme en croissance absorbe plus facilement le plomb que celui des adultes et qu'ils sont plus vulnérables à ses effets toxiques. Même une exposition à de faibles doses de plomb peut nuire au développement intellectuel, à la croissance et au comportement de l'enfant. Le plomb provoque aussi d'autres symptômes tels que la perte d'appétit, les douleurs abdominales, la constipation, la fatigue, l'insomnie, l'irritabilité, les maux de tête.

4.3.9 Amiante

Le terme amiante (ou asbeste) désigne des substances minérales naturelles de type silicates fibreux que l'on retrouve à l'état naturel dans les formations rocheuses. Pour ses qualités de résistance à la chaleur et au feu, son inertie chimique, sa résistance mécanique et son imputrescibilité, l'amiante a été largement employée dans l'industrie, principalement dans les matériaux de construction. Elle peut ainsi être retrouvée dans des matériaux d'isolation, des produits d'étanchéité, des plaques murales, des revêtements de sol et des murs, des conduits, des colles, etc.

L'amiante ne constitue un risque pour la santé que lorsque les fibres se retrouvent dans l'air et sont inhalées. L'exposition à ces fibres peut provoquer la fibrose pulmonaire (asbestose), la fibrose pleurale ou des cancers : le mésothéliome, le cancer du poumon et le cancer du larynx. L'amiante est classée cancérogène humain (groupe 1 de la classification CIRC).

En Belgique, la mise sur le marché, la fabrication et l'utilisation de produits contenant les fibres d'amiante sont interdites depuis 2001. Cependant, de nombreux matériaux se trouvent toujours dans les bâtiments. Leur danger dépendra de leur état et des modifications appliquées lors de travaux de rénovations.

5 Méthodologie

Ce chapitre décrit les méthodes de mesures, de prélèvements et d'analyses utilisées lors de l'étude, cite les laboratoires collaborant et détaille le déroulement des visites. La méthodologie appliquée dans l'étude se base sur des méthodes reconnues et scientifiquement validées, adaptées aux réalités de l'environnement scolaire.

5.1 Protocole des mesures

Tous les prélèvements d'échantillons et les mesures décrites ci-après étaient réalisés durant les visites d'établissements, excepté les mesures du radon pour lesquelles des détecteurs étaient posés pendant trois mois entre début janvier et début avril 2009.

5.1.1 Température, humidité relative et dioxyde de carbone

La température, l'humidité relative et le dioxyde de carbone étaient mesurés simultanément à plusieurs reprises durant la matinée : avant le commencement des cours, pendant le 1^{er} cours, juste avant la récréation de 10h00, à la fin de la récréation de 10h, pendant la 2^{ème} période des cours et avant la pause de midi.

Les mesures étaient effectuées à l'aide de l'appareil TESTO 400 équipé de deux sondes :

une sonde munie de deux capteurs : capteur CTN (thermistance) pour mesurer la température et capteur capacitif pour mesurer l'humidité relative ; cette sonde calcule également le point de rosée, fonction intéressante pour évaluer le risque de condensation.

une sonde fonctionnant sur le principe du détecteur infrarouge pour mesurer le dioxyde de carbone.



Photo 1 : TESTO 400

Une mesure de ces paramètres était également réalisée à l'extérieur à proximité immédiate de l'école, en l'absence des enfants dans la cour de l'école.

5.1.2 Composés organiques volatils

Pour l'analyse des composés organiques volatils, un échantillonnage d'air était effectué sur cartouche de Carbotrap au moyen d'une pompe, avec un débit de 300 ml/min pendant 60 minutes. Ce prélèvement était réalisé en fin de matinée après le deuxième cours.

Les cartouches échantillonnées étaient stockées au réfrigérateur avant d'être envoyées dans une boîte réfrigérée au laboratoire pour analyse.

Au laboratoire, après la désorption thermique, les cartouches étaient analysées par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CG-SM).

Les composés les plus importants étaient dosés régulièrement : benzène, toluène, éthylbenzène, (m+p)-xylène, o-xylène, styrène, 1,2,4-triméthylbenzène, trichloroéthylène, tetrachloroéthylène, 1,4-dichlorobenzène, D-limonène, alpha-pinène, beta-pinène, 3-carène. En présence de grandes quantités d'autres composés, leurs concentrations étaient également calculées.



Photo 2 : Prélèvement d'air sur cartouche de Carbotrap

5.1.3 Formaldéhyde

Pour l'analyse du formaldéhyde, un prélèvement d'air était réalisé sur cartouche imprégnée de dinitrophénylhydrazine (DNPH) au moyen d'une pompe, avec un débit de 150 ml/min pendant 240 minutes. Ce prélèvement commençait dès le début de la matinée.

Après le prélèvement, les cartouches étaient stockées au réfrigérateur avant d'être envoyées dans une boîte réfrigérée au laboratoire.

L'analyse des cartouches était effectuée au laboratoire par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC).



Photo 3 : Prélèvement d'air sur cartouche de DNPH

5.1.4 Moisissures

Afin d'analyser les moisissures, deux types de prélèvements étaient effectués dans chaque classe sélectionnée : prélèvement d'air et prélèvement sur une surface horizontale.

Un prélèvement d'air était effectué à l'aide de l'appareil RCS-Biotest qui aspire et projette 80 litres d'air sur une languette contenant un milieu spécifique (Rose Bengal chloramphenicol agar) pour les moisissures. A titre de comparaison, un prélèvement de l'air extérieur était également réalisé pour chaque école sélectionnée.

Un prélèvement sur une surface horizontale (étagère ouverte) était réalisé à l'aide d'une boîte de contact contenant un milieu de culture spécifique (Malt extract agar + chloramphenicol) pour les moisissures.



Photo 4 : RCS-Biotest

En cas de contamination visible dans les classes sélectionnées ou dans d'autres endroits de l'établissement visité, des prélèvements supplémentaires étaient réalisés à l'aide de boîtes de contact et/ou de rubans adhésifs (Scotch-tapes).



Photo 5 : Prélèvement à l'aide de boîte de contact

Les échantillons prélevés durant la visite étaient envoyés le jour même au laboratoire pour analyse. Ils étaient incubés pendant 5 jours à 25°C avant d'être analysés (résultats exprimés en Colonies Formant Unité, CFU/m³). Les Scotch-tapes étaient observés au microscope directement après coloration au bleu de méthylène.

5.1.5 Acariens

La détection des allergènes d'acariens était réalisée à l'aide d'Acarex-test. Il s'agit d'un test colorimétrique semi-quantitatif mesurant l'allergène majeur des acariens, la guanidine. Il est simple d'utilisation et validé par des publications scientifiques. L'intensité de la coloration obtenue reflète le degré de charge en allergènes d'acariens. Les résultats sont exprimés en 4 classes.

En pratique, la classe 0 est considérée comme l'absence de contamination pouvant provoquer une sensibilisation aux acariens. La classe 1 démontre qu'il existe une possibilité de sensibilisation aux acariens. Les classes 2 et 3 prouvent une forte contamination pouvant provoquer des crises d'asthme chez les personnes sensibilisées.

En fonction de la présence de sources potentielles d'acariens (matelas, tapis, moquette, fauteuil, coussin), un ou plusieurs tests étaient effectués dans les classes sélectionnées et dans d'autres locaux utilisés par les enfants. En l'absence de sources potentielles d'acariens, aucun test n'était effectué.

La poussière était prélevée par aspiration pendant 2 minutes au moyen d'un aspirateur domestique équipé d'un filtre spécial (filtre « 3M filtrete » MC/US/diam 57mm/PB). La poussière fine récoltée sur le filtre était mélangée avec une solution test fournie par l'Acarex-test. La bandelette test était ensuite immédiatement plongée dans ce mélange. Après une minute, la coloration obtenue sur la bandelette test était comparée à l'échelle colorimétrique.



Photos 6-7-8 : Prélèvement de poussière et réalisation du test Acarex-Test

5.1.6 Radon

Le taux de radon a été mesuré par deux méthodes : mesure active et détection passive.

L'appareil de mesure active, RADIM 2P, réalise une mesure cumulée sur 30 minutes. Trois mesures d'une durée totale de 90 minutes étaient effectuées dans chaque classe et la valeur moyenne était retenue comme résultat.

La détection passive était réalisée à l'aide de dosimètres de type "Kodalpha", contenant un film en nitrate de cellulose sensible aux impacts de particules alpha émises par le radon et ses descendants. Un dosimètre était placé pendant trois mois (entre début janvier et début avril 2009) dans une classe au rez-de-chaussée de chaque école. La direction de l'école était responsable de la fermeture et du renvoi du détecteur au SAMI-Lux après les trois mois d'exposition. Le SAMI-Lux transmettait ensuite les détecteurs au laboratoire pour analyse.

La sélection de la classe pour une mesure passive s'est basée sur les résultats des mesures directes : un détecteur passif était placé dans la classe où le taux de radon était le plus élevé. Des détecteurs supplémentaires ont été placés dans cinq écoles suite à des résultats trop élevés dans deux classes ou dans d'autres locaux.



Photo 9 : RADIM 2P



Photo 10 : Détecteur passif "Kodalpha"

5.1.7 Plomb

Deux sources essentielles de plomb dans les milieux intérieurs ont été ciblées : les canalisations en plomb et les peintures contenant du plomb.

La présence de tuyauteries en plomb était répertoriée lors de l'inspection de l'école. En cas de présence de ce type de tuyauterie, les risques liés à la consommation d'eau et les conseils pour éviter ces risques étaient expliqués.

En présence de peintures détériorées, un échantillon de ces peintures était prélevé pour une analyse colorimétrique qualitative sur la présence ou non de plomb dans la peinture. La limite de détection de LeadCheck Test Swabs (Hybrivet Systems, Inc.) utilisé pour l'analyse est de 2 µg de plomb sur une surface solide, ce qui correspond à la concentration de 0.06% de plomb.

5.1.8 Amiante

Tous les matériaux suspectés de contenir de l'amiante étaient répertoriés lors de l'inspection visuelle. Il existe une réglementation concernant les lieux de travail (l'école est un lieu de travail pour les enseignants) qui impose d'établir une liste et d'étiqueter chaque matériau contenant de l'amiante. Si une telle liste était mise à notre disposition, elle était utilisée afin de vérifier l'état de ces matériaux.

En cas de détérioration d'un matériau suspect, un échantillon de ce matériau était prélevé et envoyé pour analyse dans un laboratoire spécialisé.

5.2 Laboratoires d'analyses

Le choix des laboratoires a été réalisé à partir d'une étude de marché. Cette étude a permis de comparer les conditions et les prix demandés par différents laboratoires et de sélectionner, sur base des critères techniques et scientifiques, les laboratoires les plus adéquats. Quatre laboratoires ont ainsi été retenus (Tableau 5.1).

Laboratoire d'analyse	Polluants
Laboratoire « Hainaut Vigilance Sanitaire », Mons	Composés organiques volatils et formaldéhyde
Institut scientifique de Santé Publique, Bruxelles	Moisissures
Laboratoire « Dosirad » à Lognes, France	Radon
SGS Belgium, Gembloux	Amiante

Tableau 5.1 : Laboratoires sélectionnés pour les analyses des polluants

5.3 Mise en œuvre de l'étude

5.3.1 Contact avec les écoles et centres de santé

Quelques mois avant le commencement des visites, les directions des écoles participantes ont été informées par courrier de leur sélection pour cette l'étude. Le courrier expliquait également les objectifs de l'étude, l'échantillonnage aléatoire et l'anonymat des résultats. Les rendez-vous étaient pris en concertation avec les centres de santé, les directions des écoles et les pouvoirs organisateurs concernés.

5.3.2 Déroulement des visites

Pour des raisons pratiques, les visites de l'étude étaient couplées avec les visites d'établissements réalisées par les médecins scolaires. Elles étaient organisées de manière à perturber le moins possible les élèves mais surtout à obtenir des informations fiables sur la qualité de l'environnement scolaire intérieur. Elles se sont déroulées pendant l'année scolaire, en dehors des jours fériés :

- entre mars et juin 2008 ;
- entre septembre 2008 et avril 2009.

Durant chaque visite, deux phases étaient réalisées en parallèle : l'inspection visuelle de l'ensemble de l'établissement et la réalisation des mesures et prélèvements décrits dans le protocole de mesure.

5.3.2.1 Inspection visuelle

L'inspection visuelle était effectuée en collaboration avec le médecin scolaire et en présence de la direction de l'école. Pour la plupart des écoles, un représentant du pouvoir organisateur et/ou le conseiller en prévention étaient également présents.

Lors de cette inspection, le questionnaire spécifiquement élaboré (annexe II) pour l'étude était complété. Une attention particulière était portée sur les éléments pouvant constituer un risque potentiel pour la santé. En cas de problèmes visibles, des conseils de remédiation étaient directement expliqués pendant la visite. Ces conseils étaient répétés dans un rapport écrit.

5.3.2.2 Mesures et prélèvements

Afin d'éviter des biais suite à l'inspection visuelle (par exemple, la tentation de ne choisir que des classes ayant des sources évidentes de pollution), les mesures et prélèvements systématiques étaient toujours réalisés dans deux classes préétablies :

- **la 1^{ère} maternelle** (car coin sieste), et si plusieurs premières, la 1^{ère} A ;
- **la 3^{ème} primaire**, et si plusieurs troisièmes, la 3^{ème} A.

Cependant, si des sources de pollution éventuelle (tache d'humidité, présence de sources d'acariens, etc.) étaient observées dans une autre classe ou un local de l'établissement visité, des analyses supplémentaires y étaient effectuées.

Les deux classes préétablies étaient également décrites en détail (mobilier, matériaux de finition, présence de plantes, type de vitrage, etc.) en prêtant une attention particulière sur les activités menées pendant la visite (par exemple le bricolage), le nombre d'enfants présents et le type de ventilation.

D'autre part, il était demandé aux enseignants de ne pas changer leur comportement durant les mesures et prélèvements, notamment par rapport à l'aération. Le Tableau 5.2 détaille une visite type.

Heure	Activité
8h00	Arrivée du SAMI-Lux
8h10 – 8h30	<p>Dans les deux classes préétablies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - installation des systèmes de prélèvement d'air pour l'analyse de formaldéhyde ; - mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone ; - prélèvements d'air et de surface pour l'analyse de moisissures. <p>Dans une classe, mise en route de l'appareil de mesure directe du taux de radon.</p>
à partir de 8h30	<p>Inspection visuelle de l'établissement durant une à trois heures selon l'importance de l'implantation.</p> <p>Certains prélèvements complémentaires étaient effectués pendant ce temps (prélèvements de peintures écaillées pour la présence du plomb, de matériaux susceptibles de contenir de l'amiante).</p>
9h15 – 9h30	Mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone dans les deux classes.
10h00	A l'extérieur : mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone ; prélèvement d'air pour l'analyse de moisissures.
10h10	<p>A la fin du premier cours, mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone dans les deux classes.</p> <p>Mise en route de l'appareil de mesure directe du taux de radon dans la deuxième classe préétablie.</p>
10h30	Après la récréation, mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone dans les deux classes.
11h15	Mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone dans les deux classes
12h00	A la fin du deuxième cours, mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone dans les deux classes.
12h15 - 12h30	Installation du système de prélèvement d'air pour mesurer les COV dans les deux classes.
13h25 - 13h45	En fonction de la présence de sources éventuelles d'acariens, prélèvement(s) et analyse(s) des poussières dans les deux classes.

Tableau 5.2 : Déroulement d'une visite type

5.3.3 Communication des résultats

Un rapport détaillé a été rédigé pour chaque établissement visité. Il contenait les informations suivantes : les observations générales, les analyses effectuées, les résultats des mesures et des analyses, les conclusions ainsi que les conseils de remédiation et/ou de prévention spécifiques à l'établissement. Ce rapport était systématiquement transmis à la direction, au pouvoir organisateur de l'école et au médecin scolaire ayant participé à la visite.

5.4 Visites et analyses de contrôle

Les écoles présentant des résultats d'analyses inquiétants ont été revisitées et des analyses de contrôle y ont été effectuées.

D'autre part, afin de s'assurer de la validité des résultats, des analyses de contrôle qualité, non prévues au départ, ont été réalisées dans six classes de quelques écoles. Ces classes ont été choisies au hasard parmi celles qui avaient des concentrations de composés organiques volatils faibles.

6 Normes et références

La législation sur la qualité de l'air intérieur n'est pas encore très développée. Des règlements et recommandations concernant la qualité de l'air intérieur existent dans plusieurs pays européens (en particulier dans les pays nordiques) ainsi qu'aux États-Unis et au Canada. Cependant, aucun pays ni institution européenne ou internationale n'a jusqu'à présent défini de valeurs guides pour tous les polluants intérieurs. En fait, l'évaluation des risques et la détermination de valeurs guides devraient reposer sur la recherche scientifique. Or, l'influence de la plupart des polluants n'est pas encore bien définie, surtout quand ils sont présents en mélanges.

Pour cette étude, nous avons dès lors analysé les normes et recommandations issues de l'Union européenne, de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de certains pays tels que la Région flamande en Belgique, le Canada et l'Allemagne. En raison de la diversité des valeurs recommandées et du manque de certitudes, il est extrêmement difficile de se référer à une valeur particulière. C'est pourquoi, pour certains polluants, nous avons été amenés à reprendre plusieurs valeurs comme références.

6.1 Paramètres d'ambiance intérieure

Les normes concernant les paramètres d'ambiance intérieure s'appliquent généralement aux lieux de travail. Elles prennent ainsi en compte le type de travail effectué et les vêtements portés par les travailleurs.

Pour les locaux à bureaux, la norme européenne NBN EN 13779 (2004) préconise une température entre 19 et 24 °C en hiver et entre 23 et 26 °C en été. Dans la plage de température de 20 à 26 °C, l'humidité relative doit se situer entre 30 et 70 %.

La Région flamande³ propose différentes valeurs de température et d'humidité relative selon la saison :

- température en hiver entre 20 et 24°C ; en été entre 22 et 26 °C ;
- humidité relative en hiver entre 30 et 55 % ; en été entre 30 et 80 %.

Le Ministère de la Santé au Canada (Santé Canada, 1987) propose de maintenir l'humidité relative dans les habitations en hiver entre 30 et 55%. Etant donné qu'en été il est difficile de réguler l'humidité en dessous de 60 %, des taux entre 30 et 80 % sont acceptables et ne devraient pas influencer la santé de la plupart des personnes.

La norme de la Région flamande est la plus complète et concerne des bâtiments situés dans une région climatique similaire à celle de la province de Luxembourg. L'analyse des mesures réalisées dans les écoles se réfèrera donc essentiellement à cette norme :

- **température en hiver entre 20 et 24 °C ; en été entre 22 et 26 °C ;**
- **humidité relative en hiver entre 30 et 55 % ; en été entre 30 et 80 %.**

³ Arrêté de la Région flamande sur l'air intérieur du 11 juin 2004

6.2 Dioxyde de carbone

La norme européenne NBN EN 13779 (2004) propose quatre niveaux de qualité de l'air intérieur basés sur les concentrations de CO₂. La ventilation se faisant par l'apport de l'air extérieur, la norme se base sur la différence entre le taux de CO₂ dans l'air intérieur et dans l'air extérieur (Tableau 6.1).

Qualité de l'air intérieur	Différence entre le taux de CO ₂ dans les locaux et à l'extérieur (ppm)
Excellente	< 400
Moyenne	400 - 600
Acceptable	600 - 1000
Médiocre	> 1000

Tableau 6.1 : Norme NBN EN 13779 pour le dioxyde de carbone dans l'air intérieur

Le taux de CO₂ dans l'air extérieur se situe habituellement entre 330 et 400 ppm. Il est plus élevé dans les grandes villes ou le long des axes autoroutiers, mais il est assez stable et caractéristique pour un endroit précis. La plupart des recommandations utilisent donc uniquement les valeurs mesurées à l'intérieur des bâtiments.

Selon la classification des bâtiments développée en Finlande⁴, le taux de CO₂ dans la catégorie S1 des bâtiments ne devrait pas dépasser 700 ppm ; il devrait être inférieur à 900 ppm pour la catégorie S2 et inférieur à 1200 ppm pour la catégorie S3.

D'après des considérations d'ordre sanitaire, la plage d'exposition acceptable à long terme (ALTER) du dioxyde de carbone dans l'air intérieur des maisons est inférieure ou égale à 3500 ppm, selon les recommandations du Ministère de la Santé au Canada (Santé Canada, 1987).

La Région flamande conseille de ne pas dépasser 900 mg/m³ (500 ppm) pour préserver une bonne qualité de l'air intérieur.

En France, au Portugal et en Norvège, le taux acceptable dans les bâtiments tertiaires s'élève à 1000 ppm. Le même taux est conseillé par l'ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) qui précise également que la différence entre le taux de CO₂ dans les classes des écoles et dans l'air extérieur ne devrait pas dépasser 700 ppm (ASHRAE 62-2001).

⁴ La classification des bâtiments, développée en Finlande en 1955 et révisée en 2000 (Säteri, 2002), propose trois catégories de bâtiments selon la qualité de l'air intérieur :

- Catégorie S1 présente une très bonne qualité de l'air intérieur (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;
- Catégorie S2 se caractérise par une bonne qualité de l'air intérieur, mais la température peut être trop élevée certains jours d'été ;
- Catégorie S3 où le niveau de qualité de l'air intérieur ne devrait pas occasionner d'effets sanitaires si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. Cette catégorie correspond à la qualité de l'environnement intérieur réglementée par deux documents du gouvernement finlandais : Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

Le Royaume Uni a établi une norme particulièrement pour les écoles. Selon cette norme, la concentration moyenne de CO₂ dans les classes ne devrait pas excéder 1500 ppm.

Les valeurs de dioxyde de carbone proposées pour les milieux intérieurs sont assez similaires dans plusieurs pays et correspondent à la norme européenne NBN EN 13779. C'est donc cette norme qui a été choisie comme référence pour le traitement des données, soit une différence maximale de 400 ppm entre l'air intérieur et l'air extérieur pour une excellente qualité de l'air.

6.3 Composés organiques volatils (COV)

Il existe très peu de normes sur les COV dans les milieux intérieurs. Les valeurs seuils fixées pour les lieux de travail ne peuvent pas être appliquées directement car les publics cibles sont trop différents. Le Tableau 6.2 présente les composés organiques volatils pour lesquels des valeurs seuils pour l'air intérieur ont été trouvées.

Substance	OMS (2000)	Norme européenne ⁵	Allemagne ⁶	France (AFSSET)	Région flamande ³
Benzène	Pas de valeur guide car cancérigène exposition à 17 µg/m ³ → risque de 10 ⁴ ; exposition à 1,7 µg/m ³ → risque de 10 ⁵ ; exposition à 0,17 µg/m ³ → risque de 10 ⁶ .	5 µg/m ³ dans l'air ambiant		Les valeurs de l'OMS sont reprises pour estimer les effets cancérigènes. Pour les effets hématologiques non cancérigènes : 10 µg/m ³ pour une exposition supérieure à un an.	2 µg/m ³ valeur recommandée 10 µg/m ³ valeur d'intervention
Toluène	260 µg/m ³ pendant 7 jours		GV I : 300 µg/m ³ GV II : 3000 µg/m ³		260 µg/m ³ pendant 7 jours
Xylène	4800 µg/m ³				
Ethylbenzène	220 µg/m ³				
Styrène	260 µg/m ³ 70 µg/m ³ pendant 30 minutes pour éviter des nuisances olfactives		GV I : 30 µg/m ³ GV II : 300 µg/m ³		

⁵ Directive 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant.

⁶ L'Office fédéral de l'environnement de l'Allemagne (Umweltbundesamt) a accepté, sur base des données toxicologiques, quelques valeurs guides (GV ou RW, de Richtwerte en allemand) pour les milieux intérieurs privés et publics. Deux valeurs guides sont précisées : les concentrations inférieures à la valeur guide GV I (RW I) ne devraient pas provoquer d'effets sur la santé même lors d'exposition pendant une vie entière ; les concentrations dépassant la valeur guide GV II (RW II) peuvent être responsables des effets sur la santé, en particulier chez les personnes sensibles.

Substance	OMS (2000)	Norme européenne ⁷	Allemagne ⁸	France (AFSSET)	Région flamande ³
Dichlorobenzène	ACGIH : 60 µg/m ³				
Trichloroéthylène	Pas de valeur guide car cancérogène exposition à 230 µg/m ³ → risque de 10 ⁴ ; exposition à 23 µg/m ³ →risque de 10 ⁵ ; exposition à 2,3 µg/m ³ → risque de 10 ⁶				200 µg/m ³
Tetrachloroéthylène	250 µg/m ³				100 µg/m ³
Terpènes (alpha-pinène)			GV I : 200 µg/m ³ GV II : 2000 µg/m ³		

Tableau 6.2 : Valeurs seuils de composés organiques volatils recommandées pour les milieux intérieurs

Composés organiques totaux (TCOV)

La plupart des composés volatils sont présents dans l'air intérieur en concentrations faibles. Leur influence sur la santé pourrait donc être sous-estimée s'ils sont évalués séparément et si on ne prend pas en compte leurs éventuelles interactions. Dans cette optique, plusieurs chercheurs ont proposé la notion de composés organiques volatils totaux (TCOV) pour mieux estimer leurs influences sur la santé.

Deux approches concernant les TCOV dans les milieux intérieurs ont été retenues par un groupe européen de travail sur la qualité de l'air intérieur (ECA-IAQ, 1997) : une proposée par Molhave, l'autre par Seifert.

L'analyse des résultats de plusieurs études sur les effets de polluants intérieurs a conduit Molhave (1990) à proposer quatre niveaux d'exposition du point de vue du risque pour la santé. Selon lui, les concentrations de TCOV (mesurées en tant qu'équivalents de toluène) inférieures à 200 µg/m³ sont sans risque avéré pour la santé. Les concentrations entre 200 et 3 000 µg/m³ constituent une exposition multifactorielle ; les concentrations entre 3 000 et 25 000 µg/m³ peuvent provoquer l'inconfort, tandis que les concentrations dépassant 25 mg/m³ peuvent s'avérer toxiques.

⁷ Directive 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant.

⁸ L'Office fédéral de l'environnement de l'Allemagne (Umweltbundesamt) a accepté, sur base des données toxicologiques, quelques valeurs guides (GV ou RW, de Richtwerte en allemand) pour les milieux intérieurs privés et publics. Deux valeurs guides sont précisées : les concentrations inférieures à la valeur guide GV I (RW I) ne devraient pas provoquer d'effets sur la santé même lors d'exposition pendant une vie entière ; les concentrations dépassant la valeur guide GV II (RW II) peuvent être responsables des effets sur la santé, en particulier chez les personnes sensibles.

Selon Seifert, la concentration de TCOV de 300 µg/m³ est la valeur seuil de sécurité à ne pas dépasser. Il propose également des valeurs seuils pour les familles particulières de composés chimiques : 100 µg/m³ pour les alcanes, 50 µg/m³ pour les hydrocarbures aromatiques, 30 µg/m³ pour les terpènes, 30 µg/m³ pour les hydrocarbures halogénés, 20 µg/m³ pour les esters, 20 µg/m³ pour les alkylbenzènes et 50 µg/m³ pour les autres groupes. En outre, aucun composé ne devrait dépasser 50 % de la concentration de sa famille chimique, ni 10 % de la valeur mesurée de TCOV.

Les recommandations allemandes actuelles (Umweltbundesamt, 2007) proposent cinq niveaux de concentrations de TCOV :

- niveau 1, TCOV < 300 µg/m³ : bonne qualité de l'air intérieur.
- niveau 2, TCOV entre 300 et 1000 µg/m³ : pas de danger pour la santé mais une ventilation améliorée est conseillée.
- niveau 3, TCOV entre 1000 et 3000 µg/m³ : une exposition prolongée peut provoquer certains symptômes, essentiellement chez les personnes sensibles. Une recherche de sources de pollution et une ventilation améliorée sont conseillées.
- niveau 4, TCOV entre 3000 et 10000 µg/m³ : le temps d'exposition ne devrait pas excéder 1 mois.
- niveau 5, TCOV > 10000 µg/m³ : situation non acceptable dans les milieux intérieurs.

Les recommandations du gouvernement autrichien, publiées en 2004, limitent davantage les concentrations acceptables de TCOV :

- < 250 µg/m³ – concentrations faibles de TCOV
- 250 - 500 µg/m³ – concentrations moyennes
- 500 – 1 000 µg/m³ – concentrations légèrement élevées
- 1 000 – 3 000 µg/m³ concentrations considérablement élevées
- > 3 000 µg/m³ – concentrations très élevées

La Région flamande recommande la valeur seuil de 200 µg/m³ pour les TCOV. Cette recommandation est une des plus sévères trouvées dans la littérature. Elle est cependant contradictoire par rapport aux valeurs seuils établies pour certains composés organiques volatils, notamment pour le toluène (la valeur seuil est de 260 µg/m³).

Les résultats des analyses des composés organiques volatils seront comparés essentiellement aux recommandations de l'OMS.

Quant aux résultats des TCOV, ils seront comparés aux recommandations de la Région flamande, de l'Allemagne et de l'Autriche.

6.4 Formaldéhyde

Comme le montre le tableau suivant (Tableau 6.3), le formaldéhyde est la substance la mieux réglementée dans plusieurs pays.

Valeur recommandée	
OMS	Les valeurs seuils recommandées en 1995 sont de 10 µg/m ³ pour les personnes sensibles et de 100 µg/m ³ pour les personnes non sensibilisées pendant 30 minutes, sans préciser pour autant le terme « personnes sensibles ». Cette dernière valeur de 10 µg/m ³ ne se trouve plus dans les recommandations publiées en 2000. La valeur guide proposée par l'OMS en 2000 est de 100 µg/m ³ pour une exposition de 30 minutes (seuil au-delà duquel peuvent apparaître des irritations des voies respiratoires supérieures chez la population générale).
Région flamande ³	10 µg/m ³ pour une bonne qualité de l'air intérieur ; 100 µg/m ³ comme valeur d'intervention
Santé Canada (2006)	123 µg/m ³ pour 1 heure d'exposition et 50 µg/m ³ pour une durée de 8 heures
Projet européen INDEX	30 µg/m ³ avec un objectif d'atteindre la concentration aussi basse que possible (principe ALARA)
Norvège	100 µg/m ³ pendant 30 minutes
Australie	120 µg/m ³
Californie EPA	95 µg/m ³ pendant 1 heure ; 34 µg/m ³ pendant 8 heures
Finlande ⁴	Catégorie S1 : 30 µg/m ³ Catégorie S2 : 50 µg/m ³ Catégorie S3 : 100 µg/m ³
France (AFSSET, 2007)	50 µg/m ³ applicable sur 2 heures ; 10 µg/m ³ pour une exposition à long terme
Portugal	100 µg/m ³

Tableau 6.3 : Valeurs de formaldéhyde recommandées pour les milieux intérieurs

Dans l'analyse des résultats, les valeurs de formaldéhyde mesurées lors de l'étude seront comparées aux valeurs suivantes :

- **100 µg/m³ (OMS, Région flamande, Portugal, Finlande) ;**
- **50 µg/m³ (Canada, France, Finlande) ;**
- **30 µg/m³ (Finlande, projet INDEX).**

6.5 Moisissures

Il n'existe pas à l'heure actuelle de données fiables permettant d'établir un seuil en-dessous duquel il n'y a pas d'effet sur la santé. Contrairement aux méthodes chimiques, les méthodes d'échantillonnage et d'analyses microbiologiques dans les milieux intérieurs tels que les maisons ou les écoles ne sont toujours pas normalisées. De plus, les résultats d'analyses dépendent fortement des méthodes de prélèvement, du type d'échantillonneur et du milieu de culture utilisé pour le prélèvement. Dès lors, aucune norme internationale n'existe pour les concentrations maximales en bioaérosols à ne pas dépasser.

Le gouvernement portugais a cependant proposé, dans le décret N° 79/2006, la valeur de 500 CFU/m³ (Colony-Forming Units) comme limite admissible dans les milieux intérieurs.

Dans le guide de l'OMS, concernant l'humidité et les moisissures (WHO, 2009), nous pouvons lire que l'humidité de parois et le développement fongique doivent être évités ou au moins limités. Etant donné la grande diversité de réponses de l'organisme humain, les effets de l'humidité et des moisissures sur la santé ne peuvent pas être quantifiés avec précision. Il est donc impossible de fixer des valeurs guides en ce qui concerne la qualité fongique de l'air intérieur. Il est, par contre, recommandé de prévenir tout problème d'humidité dans le bâtiment.

Santé Canada (2007) considère que toute croissance de moisissures dans les bâtiments d'habitation peut poser des risques pour la santé. Les risques pour la santé dépendent de l'exposition et, pour les symptômes liés à l'asthme, de la sensibilisation allergique. Toutefois, le grand nombre d'espèces fongiques présentes dans les bâtiments et la grande variabilité individuelle de la réponse à l'exposition aux moisissures empêchent la détermination de valeurs guides d'exposition. Par conséquent, Santé Canada recommande :

- de contrôler l'humidité dans les résidences et d'y réparer rapidement toute fuite ou infiltration d'eau afin de prévenir la croissance des moisissures ;
- de nettoyer en profondeur toute moisissure croissante dans les immeubles résidentiels, qu'elle soit visible ou non.

L'Institut scientifique de Santé Publique belge (ISP) considère également que la variabilité individuelle de la réponse à l'exposition aux moisissures empêche toute détermination de valeurs guides d'exposition. La recherche de concentrations sporiques anormales dans l'air peut néanmoins être très utile pour détecter notamment des sources non visibles. L'interprétation des résultats se fait par étapes successives. Elle commence en comparant la charge fongique de l'air intérieur avec celle de l'air extérieur. En première analyse on peut déjà distinguer :

- un nombre de spores de moisissures plus élevé dans l'air intérieur que dans l'air extérieur provient généralement d'une contamination fongique dans le bâtiment ;
- quand le nombre de spores dans l'air intérieur est similaire ou inférieur au nombre de spores dans l'air extérieur, il s'agit probablement de pénétration de spores de l'extérieur ;

- quand l'air intérieur contient un nombre de spores similaire ou inférieur par rapport à l'air extérieur, mais que les espèces diffèrent, une source intérieure de ces spores est probable.

Il faut toutefois rester prudent et tenir compte des espèces rencontrées. L'identification et la comparaison des moisissures isolées à l'intérieur et à l'extérieur est indispensable pour finaliser ce type de démarche.

Quand les moisissures sont visibles, il est utile de déterminer l'importance de la surface contaminée. L'ISP utilise trois degrés de contamination sur la base d'une simple évaluation visuelle :

- 0.3 m^2 contamination faible, risques faibles mais pas exclus ;
- $0.3 - 3 \text{ m}^2$ contamination moyenne, risques à évaluer en fonction des espèces présentes et du contexte environnemental ;
- $>3 \text{ m}^2$ contamination élevée, risques élevés quelles que soient les espèces présentes.

Des prélèvements sont ensuite effectués afin d'identifier les moisissures dominantes.

L'analyse des résultats s'est basée sur les recommandations de l'Institut scientifique de Santé Publique (www.indoorpol.be).

6.6 Acariens

Il est généralement admis qu'une sensibilisation aux acariens apparaît à partir de la concentration de $2 \mu\text{g}$ d'allergènes d'acariens du groupe 1 (allergène majeur d'acariens contenu dans leurs déjections) par gramme de poussière (Platts-Mills et al, 1997). Chez un sujet sensibilisé, les symptômes d'asthme apparaissent à partir de la concentration de $10 \mu\text{g}$ d'allergènes par gramme de poussière.

Pour certains patients, le seuil de sensibilisation est cependant plus bas puisqu'une partie des enfants se sensibilisent pour des doses plus faibles. La Norvège a ainsi fixé le seuil de sensibilisation aux acariens à $1 \mu\text{g}$ de Der p1 par gramme de poussière (soit 50 acariens par gramme de poussière).

Etant donné que la détection d'allergènes d'acariens était réalisée à l'aide d'Acarex-test, la présentation des résultats sera exprimée en classes de contamination :

- **classe 0 : résultat négatif : absence de contamination significative ;**
- **classe 1 : possibilité de sensibilisation aux acariens ;**
- **classes 2 et 3 : risque de crises d'asthme chez les personnes sensibilisées.**

6.7 Radon

En ce qui concerne le radon, la Belgique suit les recommandations de la Commission européenne⁹ qui fixe un niveau de référence de 400 Bq/m³ pour les bâtiments existants, au-delà duquel des mesures d'abaissement du niveau de radon doivent être envisagées. Le taux de 800 Bq/m³ est considéré comme la valeur d'intervention où des travaux de remédiation adéquats doivent être entrepris rapidement.

La Norvège et la France ont également accepté la valeur de 400 Bq/m³.

Le Canada a récemment baissé la valeur seuil à 200 Bq/m³ avec la recommandation de réduire la teneur en radon au plus bas niveau qu'on puisse raisonnablement atteindre (Santé Canada, 2007).

L'OMS recommande depuis cette année (WHO, 2009) la valeur seuil de 100 Bq/m³.

Finlande⁴ : catégorie S1 : 100 Bq/m³
catégorie S2 : 100 Bq/m³
catégorie S3 : 200 Bq/m³

L'Australie conseille ne pas dépasser la valeur de 200 Bq/m³.

Ces différentes valeurs seront utilisées pour présenter les résultats des mesures réalisées dans les écoles :

- < 100 Bq/m³ - valeur seuil proposée par l'OMS et la Finlande ;
- < 200 Bq/m³ - valeur seuil proposée par le Canada et la Finlande ;
- < 400 Bq/m³ - valeur seuil recommandée en Belgique et plusieurs pays européens ;
- > 800 Bq/m³ - taux considéré comme valeur d'intervention.

6.8 Plomb

La céruse est interdite dans les peintures pour l'intérieur depuis 1926. Depuis 1977, le fabricant doit signaler la présence de plomb dans une peinture à partir d'une concentration de 0,5 %. En 1993, cette concentration a été ramenée à 0,15 %.

La norme européenne pour l'eau potable (directive 98/83/CE) fixe la valeur limite à 25 µg/l depuis décembre 2003 et à 10 µg/l à partir de décembre 2013.

⁹ Recommandation de la Commission, du 21 février 1990, relative à la protection de la population contre les dangers résultant de l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments (90/143/Euratom), Journal officiel n° L 080 du 27/03/1990 p. 0026 - 0028

6.9 Amiante

L'arrêté royal du 16 mars 2006 relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à l'amiante limite la concentration des fibres d'amiante dans l'air à 0,1 fibre par cm³ calculée comme moyenne pondérée en fonction du temps.

Pour les milieux intérieurs, l'OMS (2000) ne propose aucune valeur seuil puisque la présence de fibres d'amiante dans l'air constitue toujours un risque pour la santé. Cependant, l'amiante ne constitue un risque pour la santé que lorsque les fibres se retrouvent dans l'air et sont inhalées. Dès lors, uniquement les matériaux détériorés contenant des fibres d'amiante constituent un risque pour la santé.

Depuis le 1^{er} janvier 1995, chaque employeur en Belgique est tenu de réaliser un inventaire de tout ce qui contient de l'amiante dans l'entreprise (l'école constitue également un lieu de travail). Cet inventaire a pour but de réduire l'exposition des travailleurs aux fibres d'amiante à un niveau aussi bas que possible et de prévenir la dispersion de fibres en cas de travaux de rénovation.

7 Résultats

Trois logiciels ont été utilisés pour le traitement des données obtenues pendant l'étude : Microsoft Excel, Stata et Statistica.

Dans un premier temps, les résultats des mesures et analyses ont été traités afin d'identifier les tendances et problèmes rencontrés dans les écoles.

Ensuite, les problèmes et tendances identifiés ont été combinés avec différentes données récoltées lors des visites (caractéristiques du bâtiment, équipement, matériaux d'ameublement, occupation des pièces, environnement extérieur, etc.) afin de trouver d'éventuelles corrélations. Toutes les corrélations présentées dans ce chapitre sont statistiquement significatives, sauf information contraire.

7.1 Inspection visuelle

7.1.1 Caractéristiques des bâtiments

Les écoles occupent des bâtiments dont le type de construction et l'âge varient largement. Dans environ 40 % des cas, ce sont des bâtiments anciens construits avant la seconde guerre mondiale ; 40 % des bâtiments datent entre 1945 et 1980 ; 20 % des bâtiments sont plus récents. La pierre et le bloc béton constituent les principaux matériaux (23 et 17 %) utilisés dans la construction des bâtiments scolaires.

Les bâtiments occupés par les écoles sont généralement en bon état. Dans 11 % de ceux-ci, cependant, des rénovations importantes doivent être réalisées rapidement car certains éléments présentent un risque pour la santé et la sécurité des enfants (développement d'espèces toxiques de moisissures dans la classe, risque d'effondrement du plafond suite à une infiltration d'eau, dispersion possible de fibres d'amiante dans l'air intérieur).

La majorité des écoles (72 %) possèdent des fenêtres à double vitrage. Des châssis anciens avec du simple vitrage sont présents dans 3 écoles (4 %) et, dans 24 % des écoles, certaines pièces ont encore des fenêtres à simple vitrage.

Le chauffage central est installé dans toutes les écoles. Des poêles à mazout sont cependant encore présents dans la salle de gymnastique, le réfectoire et la garderie d'une école. Ce type de poêles ne devrait plus être utilisé pour chauffer en continu car ils dégagent de l'humidité, des composés organiques volatils divers et peuvent constituer un risque de brûlure.

Dans toutes les écoles visitées, la ventilation est naturelle. Des systèmes de ventilation mécanique sont installés uniquement dans quelques salles de gymnastique. Dans 65 % des écoles visitées, certaines pièces n'ont aucun système de ventilation. Il s'agit essentiellement des sanitaires. Par ailleurs, des odeurs d'urine ou d'égouts sont perceptibles dans 38 % des établissements visités.

7.1.2 Aménagement des classes

Le revêtement de sol dans toutes les classes visitées est lisse, le carrelage et le vinyle étant les revêtements les plus fréquents (57 et 41 %). De petits tapis sont placés dans 30 % des classes maternelles et dans 4 % des classes primaires. Du tapis plain est présent dans les salles audiovisuelles de quelques écoles.

Les murs des classes sont généralement peints (82 %), et dans quelques cas recouverts de papier peint (4 %) ou tissu (2 %). La peinture (44 %) et les lattes en bois ou en bois aggloméré (36 %) constituent les principaux revêtements du plafond.

Le mobilier dans pratiquement toutes les classes est en bois aggloméré. Des fauteuils, le plus souvent en tissu, sont présents dans 4 % des classes primaires et dans 34 % des classes maternelles.

7.1.3 Entretien et produits d'entretien

La qualité de l'entretien des écoles a été évaluée sur base d'une échelle à trois niveaux : correcte, moyenne, insuffisante. Selon les observations de l'équipe du SAMI-Lux, l'entretien est correct dans 50 % des écoles, moyen dans 36 % des écoles et insuffisant dans 14 % des écoles. Les sanitaires et les poussières sur les étagères ouvertes sont les éléments fréquemment mis en cause.

Le personnel d'entretien n'étant pas présent lors des visites, les informations sur les produits utilisés sont incomplètes et se basent uniquement sur l'observation des produits stockés. La présence de produits désinfectants a ainsi été répertoriée dans la moitié des écoles : 35 % des écoles possèdent de l'eau de Javel et 14 % du Dettol. Par ailleurs, l'équipe du SAMI-Lux n'a pas obtenu d'information sur la fréquence d'utilisation de ces produits.

La présence de produits désodorisants sous différentes formes a été observée dans les sanitaires de 45 % des écoles visitées. Il s'agit le plus souvent d'aérosols (18 %), de blocs solides pour toilettes (8 %) et de produits en gel (6 %). Dans 13 % des écoles, plusieurs produits désodorisants ont été observés.

7.1.4 Plantes et animaux

Des plantes sont présentes dans 59 % des écoles. Leur nombre est généralement inférieur à 10, mais une classe était « décorée » avec environ 50 plantes de taille différente. Parmi les plantes les plus allergisantes, citons le ficus qui est observé dans 14 % de ces écoles. Les plantes se trouvent généralement dans les classes, mais les ficus sont souvent dans des couloirs ou des bureaux. Dans quelques cas, un développement de moisissures est visible sur la terre dans le pot.

Des animaux sont présents dans 21 % des établissements visités. Il s'agit le plus souvent des poissons, ensuite des lapins et des oiseaux. Ces animaux sont gardés dans les classes ou autres locaux fréquentés par les enfants ce qui peut constituer un risque pour les enfants allergiques.

7.1.5 Amiante

Les matériaux susceptibles de contenir de l'amiante ont été répertoriés lors de la visite de l'établissement. Un inventaire d'amiante était disponible pour toutes les écoles de la Communauté française faisant partie de l'échantillon, ainsi que pour deux écoles communales localisées sur le territoire d'une seule commune. Pour les autres écoles, la direction et le Pouvoir Organisateur ne savaient pas si la présence de l'amiante avait été répertoriée ou ne disposaient pas de l'inventaire s'il avait été réalisé.

La majorité des matériaux sont en bon état et ne présentent donc pas de danger pour la santé. Huit échantillons de matériaux légèrement abimés ont été envoyés pour analyse dont les résultats sont décrits en page 50.

7.1.6 Plomb

Les tuyaux de canalisations sont souvent invisibles, encastrés dans les murs ou cachés derrière l'armoire d'évier. Des canalisations en plomb ont été observées dans deux écoles. Dans une de ces écoles, les enfants buvaient régulièrement de l'eau du robinet. Des risques pour la santé et des mesures pour prévenir ces risques ont été expliqués oralement et par écrit dans le rapport de visite.

7.2 Paramètres d'ambiance intérieure

La température et l'humidité relative varient pendant la journée et dépendent de plusieurs facteurs tels que les conditions météorologiques extérieures, le nombre d'enfants dans la classe, l'ouverture des fenêtres et portes. La Figure 7.1 présente un exemple d'évolution de température et d'humidité relative pendant une matinée dans une classe typique.

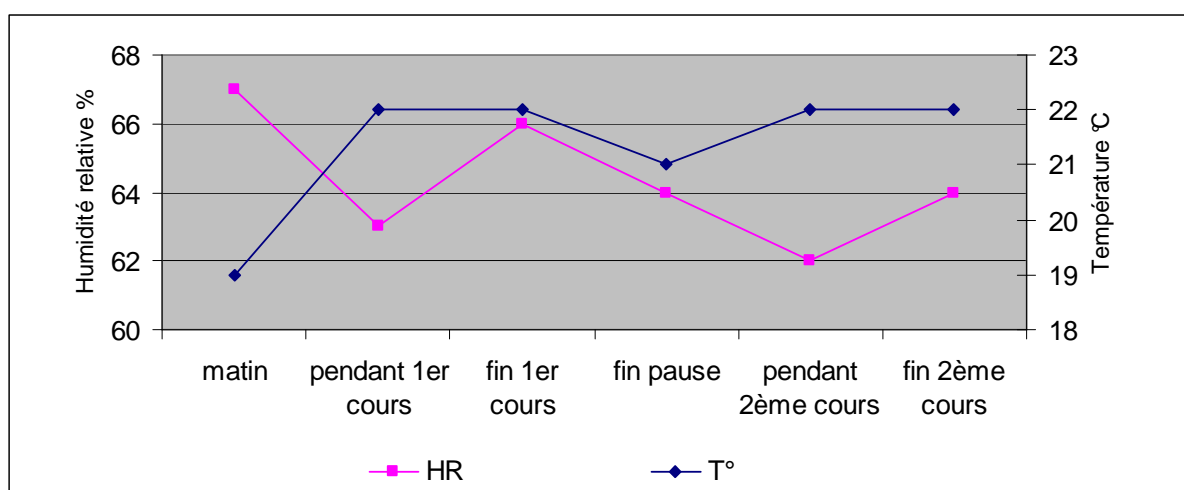


Figure 7.1 : Evolution de température et d'humidité relative dans une classe

7.2.1 Température

La température dans les classes est généralement moins élevée au début de la matinée que pendant les cours. Une légère baisse de température est, cependant, observée après la pause de 10 h. Elle s'explique par l'ouverture des portes et, parfois, des fenêtres dans les classes durant cette pause.

La plus faible température mesurée est de 14 °C. Il s'agit d'une mesure réalisée au début de la matinée avant les cours. La valeur de température la plus élevée enregistrée est de 28 °C ; elle a été mesurée en période estivale à la fin du deuxième cours.

La valeur moyenne de la température est de 20.1 °C dans les classes maternelles et de 20.4 °C dans les classes primaires (Figure 7.2). La température moyenne dans les classes maternelles au début de la matinée est plus élevée que dans les classes primaires. La proportion s'inverse pendant la première heure du cours et la différence augmente au cours de la journée. A la fin de la matinée, la température moyenne dans les classes primaires dépasse d'un degré Celsius celle mesurée dans les classes maternelles. Cependant, la différence de la température moyenne entre les classes maternelles et primaires ne peut pas être considérée comme significative. En fait, pour les cinq premières mesures de la matinée, le test de Student n'a pas révélé de différence statistiquement significative. Pour la dernière mesure, par contre, la répartition de la distribution n'est pas de type normal.

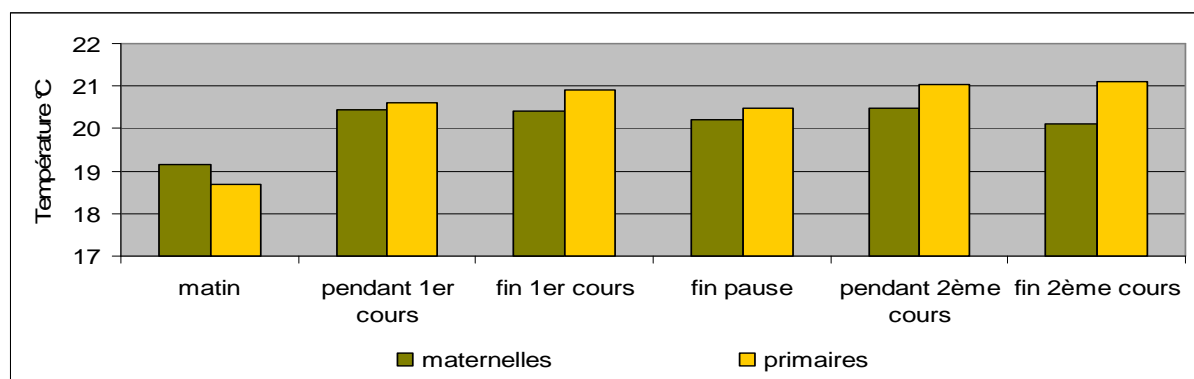


Figure 7.2 : Valeurs de la température moyenne dans les classes

Au début de la journée, la température est trop faible dans plus de 67 % des classes (Figure 7.3). Etant donné qu'il s'agit de mesures effectuées avant le début du cours, et donc avant la mise en fonctionnement du chauffage, les résultats ne devraient pas être inquiétants. La température augmente ensuite, mais elle est toujours trop faible par rapport aux normes dans 21.6 à 39.5 % des classes selon l'heure de la journée.

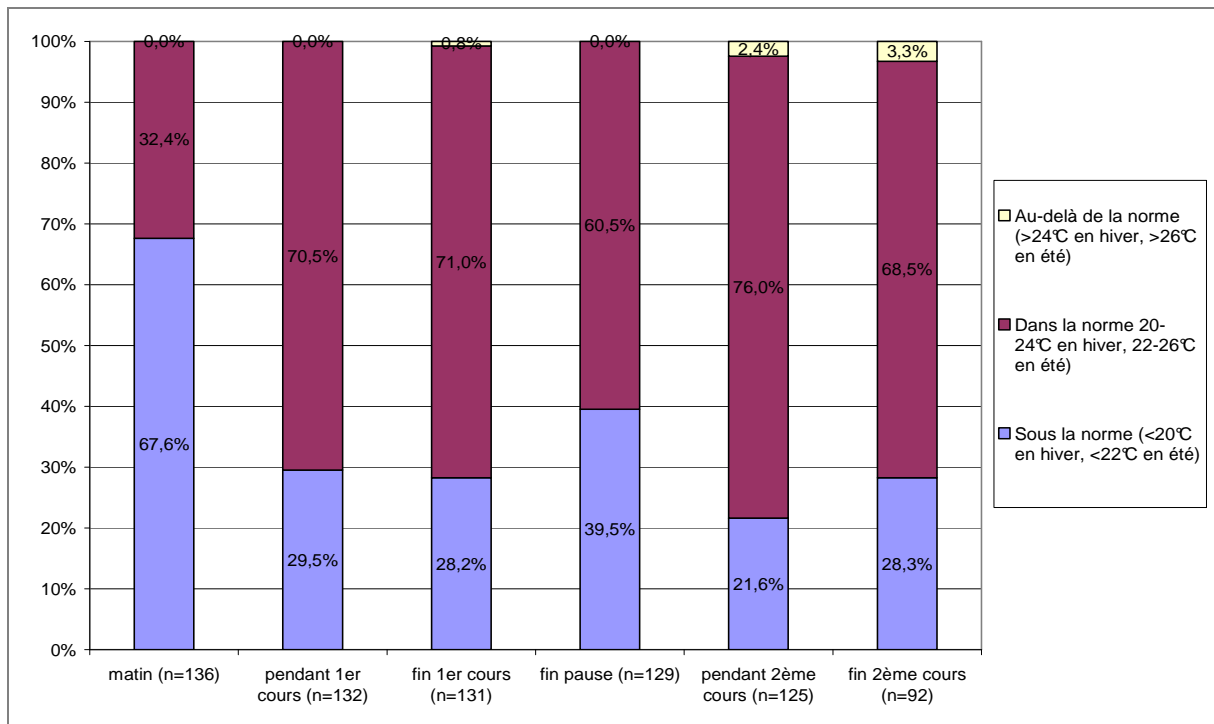


Figure 7.3 : Valeurs de la température dans les classes par rapport aux recommandations de la Région flamande

Une température trop faible est plus souvent rencontrée dans les classes maternelles que dans les classes primaires. Elle est inférieure aux recommandations flamandes dans 13.6 à 34.3 % des classes primaires (Figure 7.4), tandis que ce pourcentage atteint 45.2 % dans les classes maternelles (Figure 7.5). Seules quelques classes (3.3 %) ont une température trop élevée.

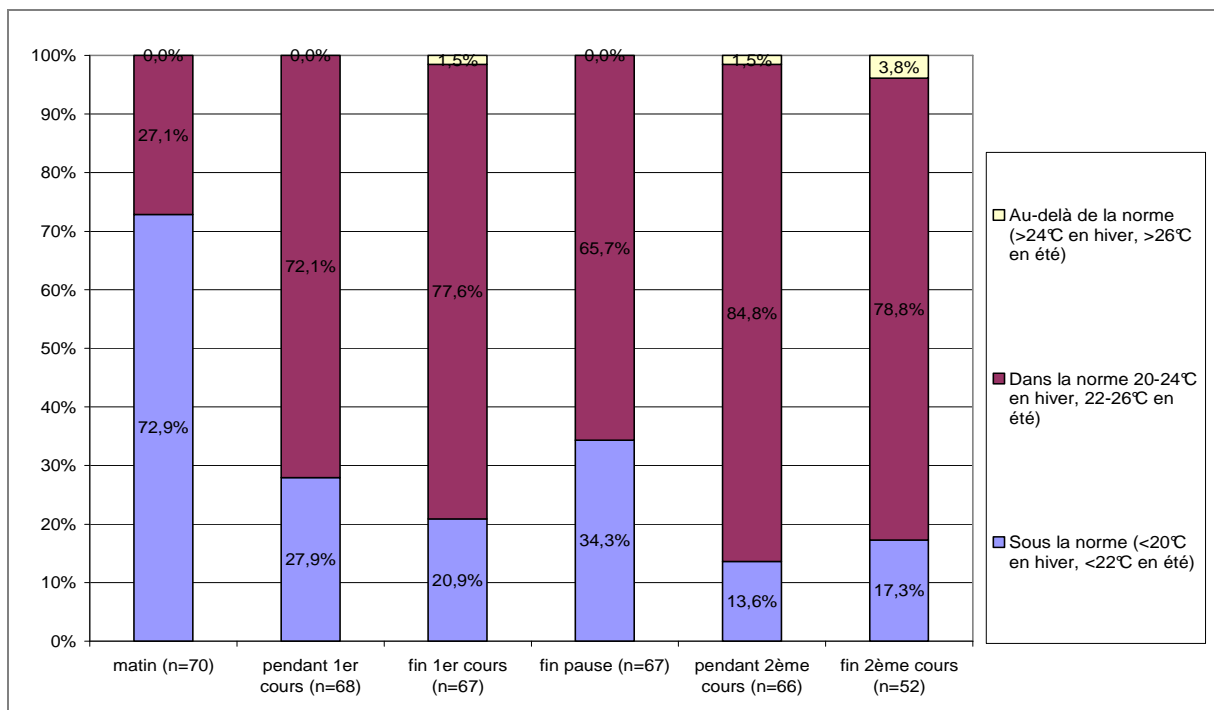


Figure 7.4 : Valeurs de la température dans les classes primaires par rapport aux recommandations de la Région flamande

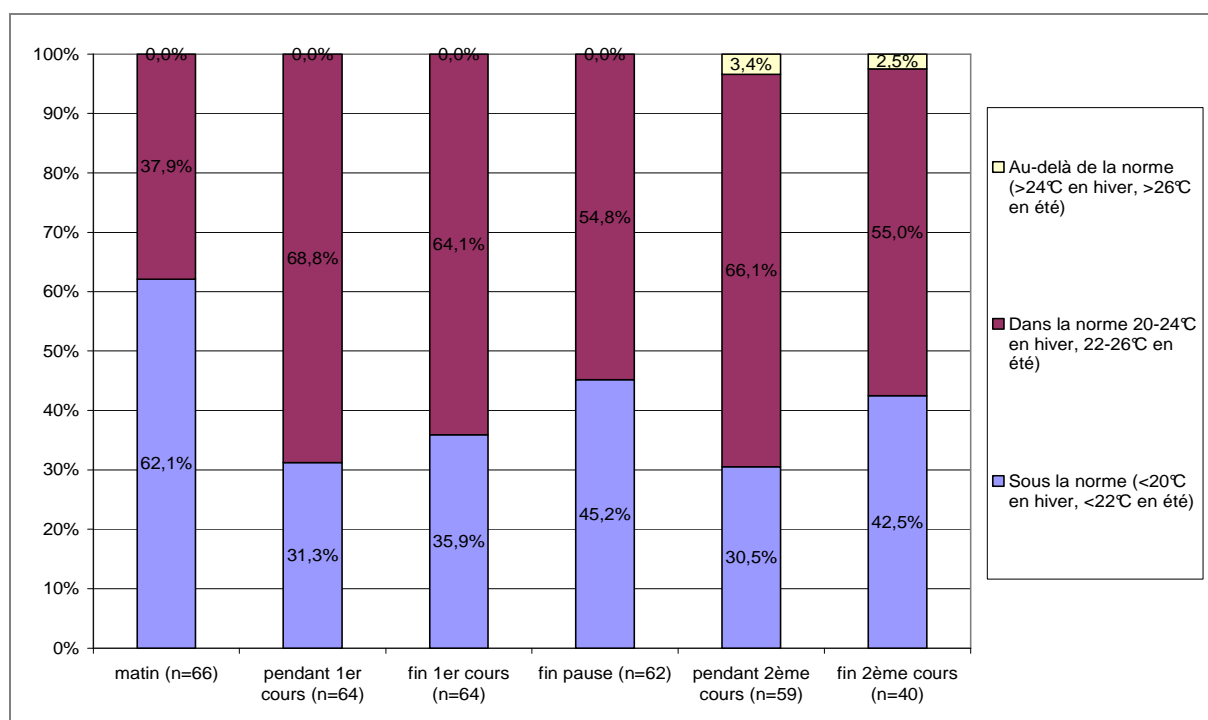


Figure 7.5 : Valeurs de la température dans les classes maternelles par rapport aux recommandations de la Région flamande

La température dans les classes est corrélée avec la position des fenêtres (fermées ou ouvertes) : une température élevée correspond aux fenêtres ouvertes. Cette corrélation peut s'expliquer par le fait que les fenêtres sont fermées quand il fait froid et sont ouvertes quand il fait chaud dans la classe notamment en période estivale.

7.2.2 Humidité relative

L'humidité relative dans les classes est généralement moins élevée au début de la matinée que pendant les cours. Une baisse d'humidité considérable est, par ailleurs, observée après la pause. Elle s'explique par l'apport d'air frais (et moins humide) suite à l'ouverture des portes et, parfois, des fenêtres dans les classes. En effet, la position de la porte de la classe (ouverte ou fermée) est corrélée avec l'humidité relative dans l'air intérieur après la pose de 10 h et à la fin du deuxième cours : l'humidité relative est plus faible quand la porte est ouverte.

La plus faible valeur d'humidité relative mesurée dans les classes est de 22 %, tandis que la valeur la plus élevée s'élève à 84 %.

La valeur moyenne de l'humidité relative est de 50,9 % dans les classes maternelles et de 51,9 % dans les classes primaires (Figure 7.6). L'humidité relative est plus élevée dans les classes primaires pendant toute la journée sauf à la fin de la pause. Les différences de l'humidité relative entre les classes maternelles et primaires ne sont cependant pas statistiquement significatives.

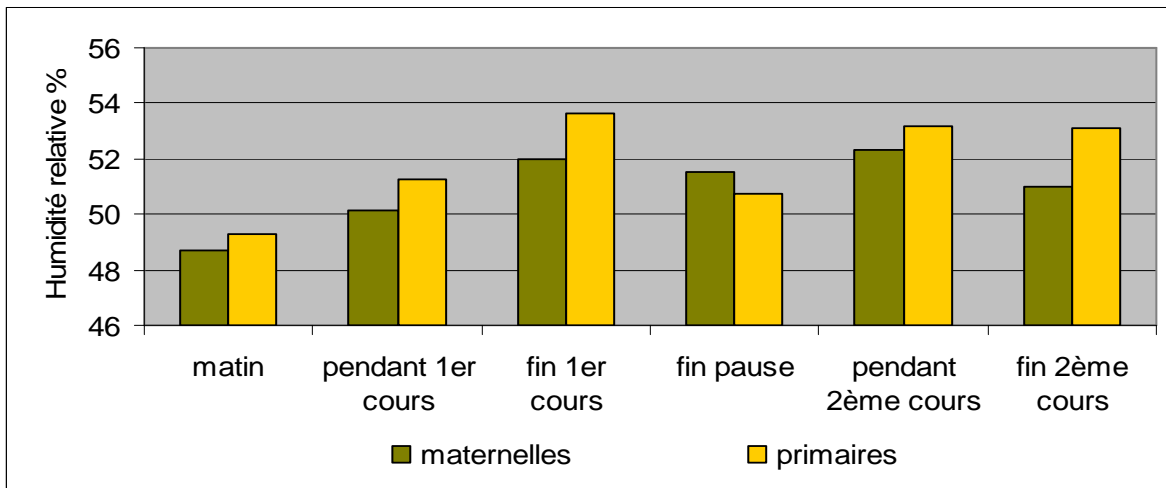


Figure 7.6 : Humidité relative moyenne dans les classes

En fonction de l'heure de la journée, entre 22.8 et 32 % des écoles dépassent la valeur seuil supérieure. Un air trop sec concerne moins de 2 % des écoles (Figure 7.7).

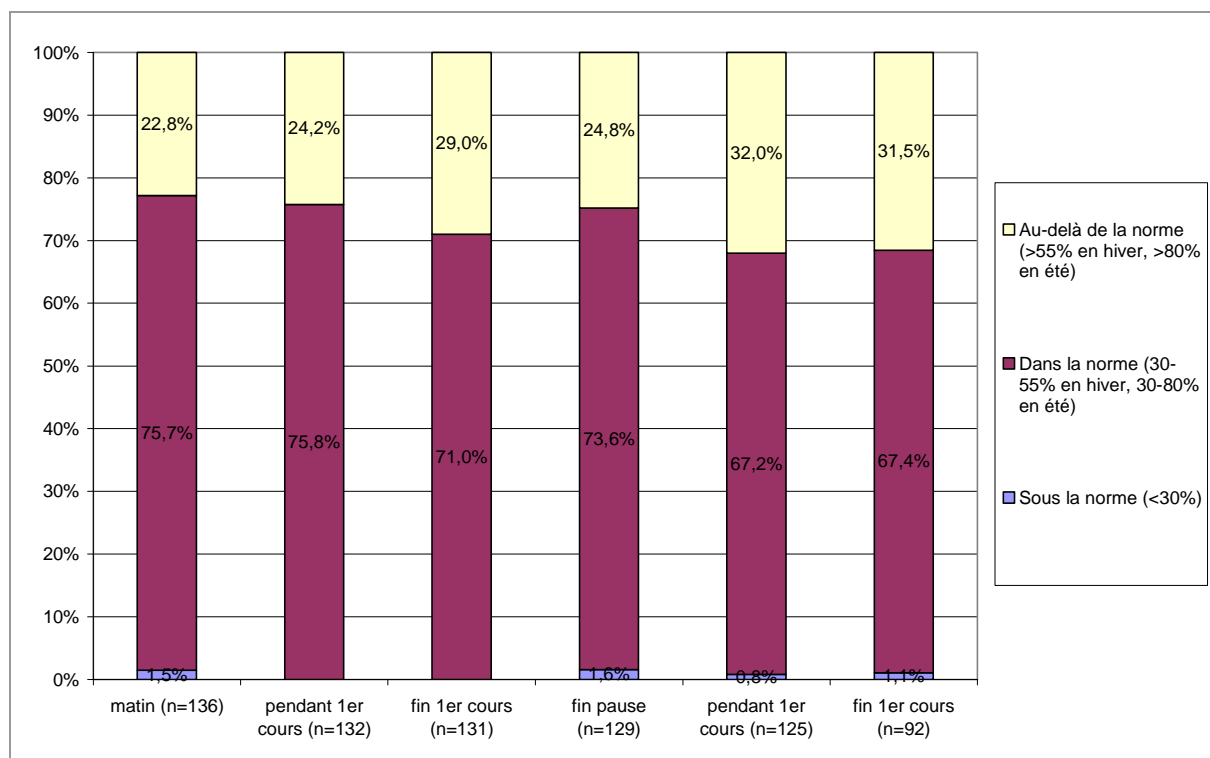


Figure 7.7 : Valeurs de l'humidité relative dans les classes par rapport aux recommandations de la Région flamande

7.3 Dioxyde de carbone

Les résultats des mesures montrent une forte variation de concentration du dioxyde de carbone au cours de la matinée. Son taux est généralement faible au début de la matinée mais augmente progressivement pendant le cours et atteint, dans la plupart des écoles, des valeurs supérieures aux recommandations. Lors de la récréation, il diminue mais reste souvent trop élevé. Le taux le plus faible de CO₂, mesuré au début de la matinée, est de 313 ppm. Le taux le plus élevé est de 3629 ppm ; il a été enregistré dans une classe primaire en fin de matinée, après le 2^{ème} cours. La Figure 7.8 présente l'évolution du taux de dioxyde de carbone pendant une matinée dans deux classes typiques. Dans la classe 54p, les portes et fenêtres sont restées fermées durant toute la matinée, tandis que dans la classe 60p, une fenêtre était ouverte lors de la pause.

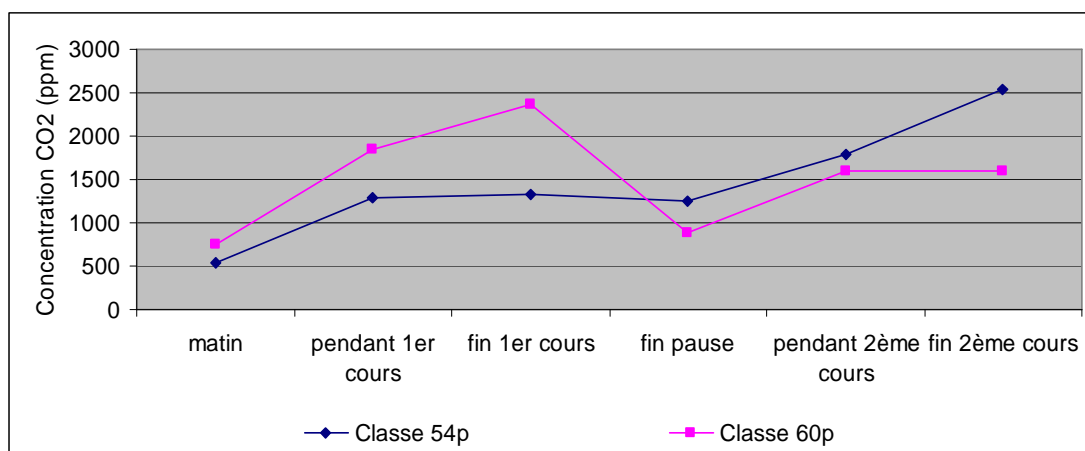


Figure 7.8 : Evolution du taux de dioxyde de carbone dans deux classes. Une fenêtre a été ouverte dans la classe 60p lors de la pause ; les fenêtres sont restées fermées dans la classe 54p durant toute la matinée.

Lors de la première mesure de la matinée, avant les cours, le taux de CO₂ se situe dans la plage de « excellente qualité de l'air » dans environ 90 % des écoles (Figure 7.9). Cependant, dans plus de 10 % des écoles la qualité de l'air au début de la matinée est moyenne ou acceptable et elle se dégrade davantage au cours de la journée.

Le taux de CO₂ augmente rapidement pendant le premier cours de la matinée. Il diminue légèrement pendant la pause, mais au début du deuxième cours, il dépasse la valeur recommandée dans 79.3 % des classes. La qualité de l'air est médiocre dans 26.5 % à 60.6 % des classes selon la période de la journée.

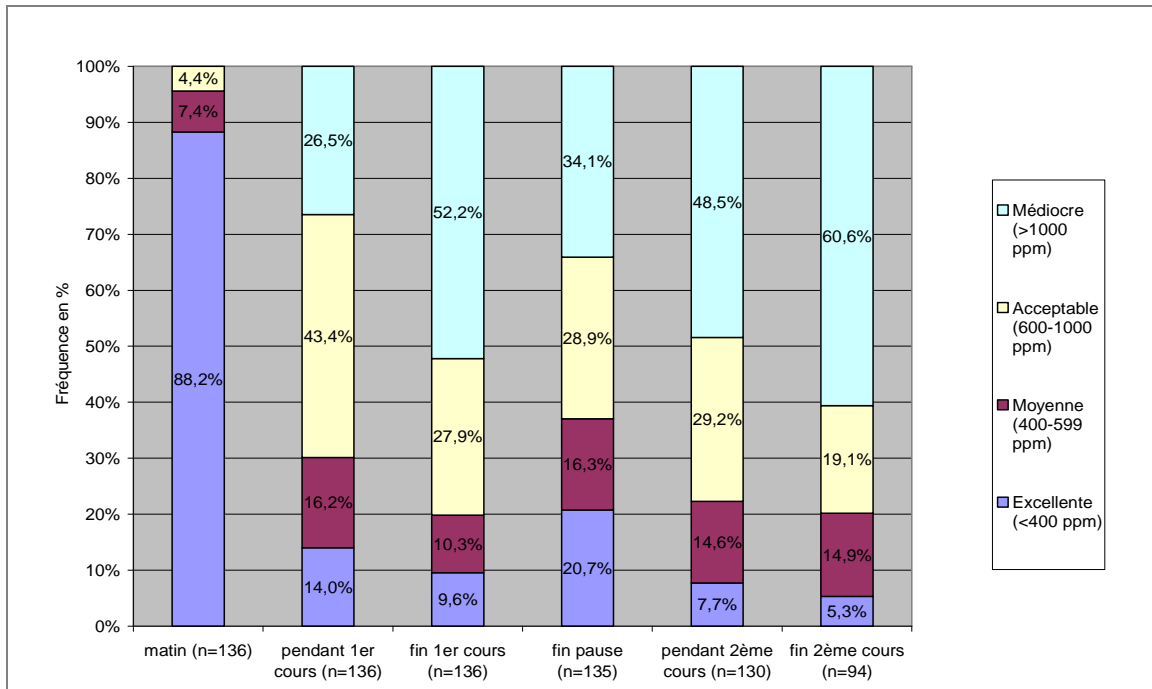


Figure 7.9 : Taux de dioxyde de carbone dans les classes par rapport à la norme européenne NBN EN 13779

La qualité de l'air se dégrade beaucoup plus dans les classes primaires que dans les classes maternelles : à la fin de la matinée, quand le taux de dioxyde de carbone est le plus élevé, la qualité de l'air est médiocre dans 42,5 % des classes maternelles (Figure 7.10) et dans plus de 74 % des classes primaires (Figure 7.11).

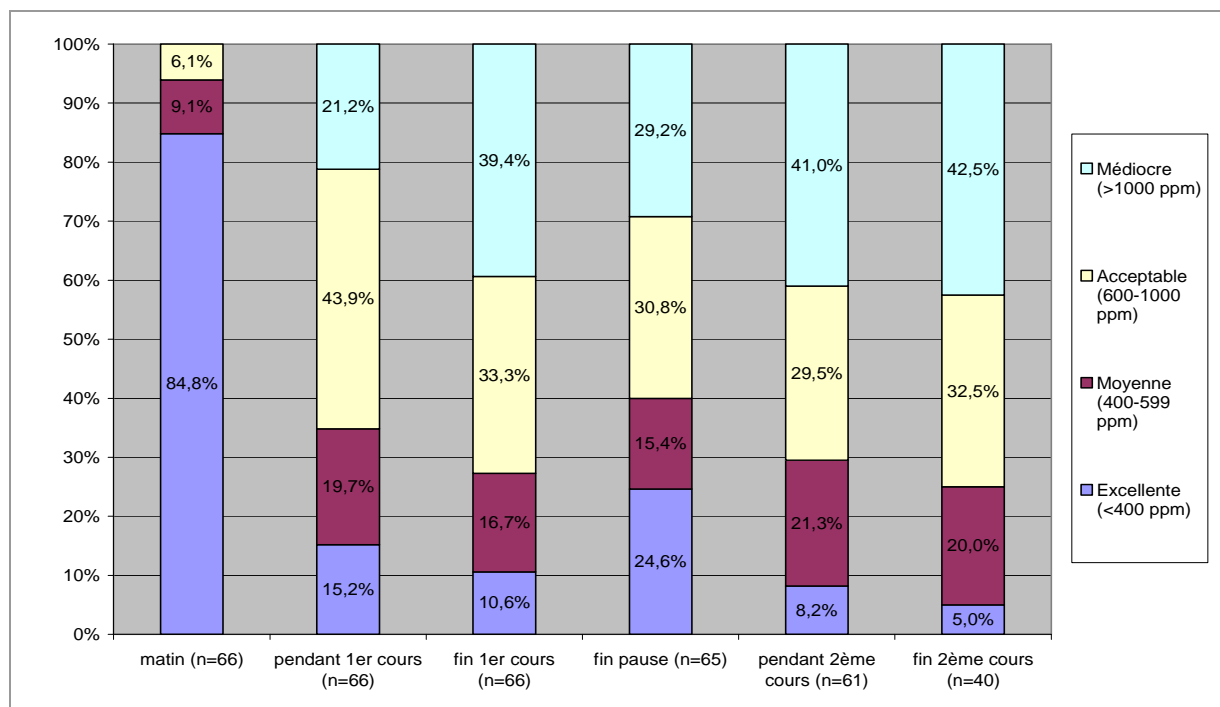


Figure 7.10 : Taux de dioxyde de carbone dans les classes maternelles par rapport à la norme européenne NBN EN 13779

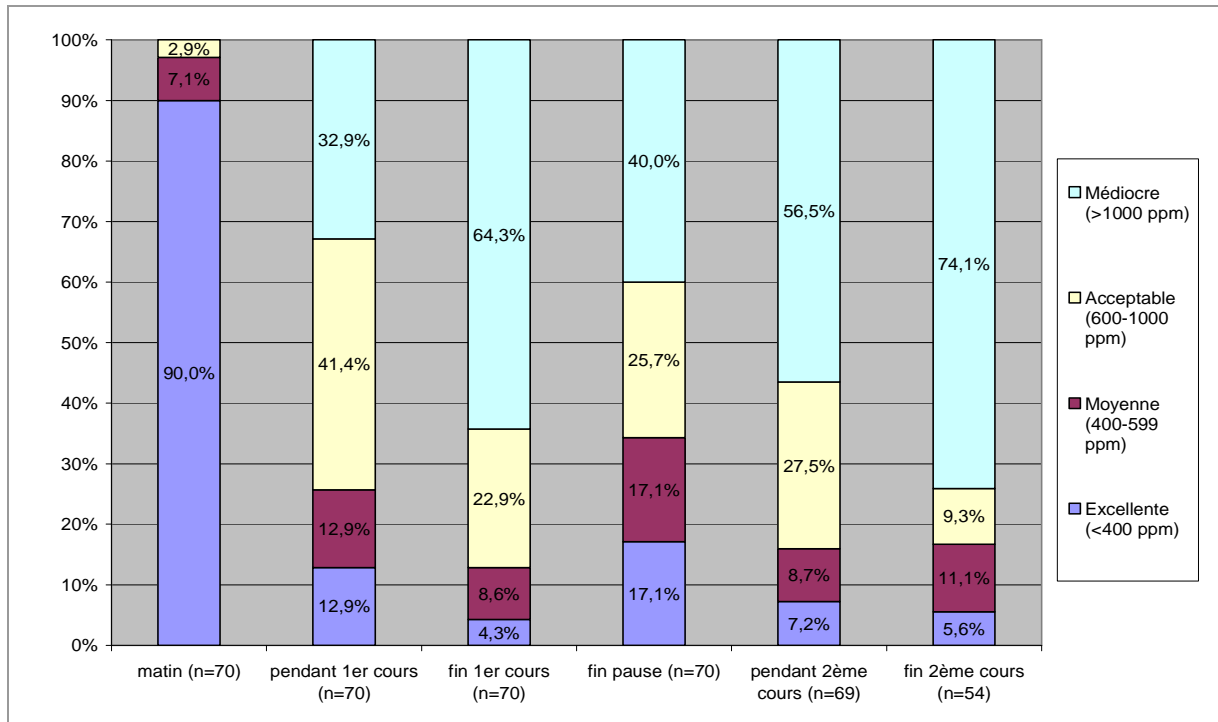


Figure 7.11 : Taux de dioxyde de carbone dans les classes primaires par rapport à la norme européenne NBN EN 13779

Le taux moyen de dioxyde de carbone dans les classes avant le début du premier cours est d'environ 600 ppm (Figure 7.12). Il augmente ensuite dans les deux classes, mais davantage dans les classes primaires. A la fin du deuxième cours, le taux moyen de CO₂ s'élève à 1350 ppm dans les classes maternelles et à 1825 ppm dans les classes primaires.

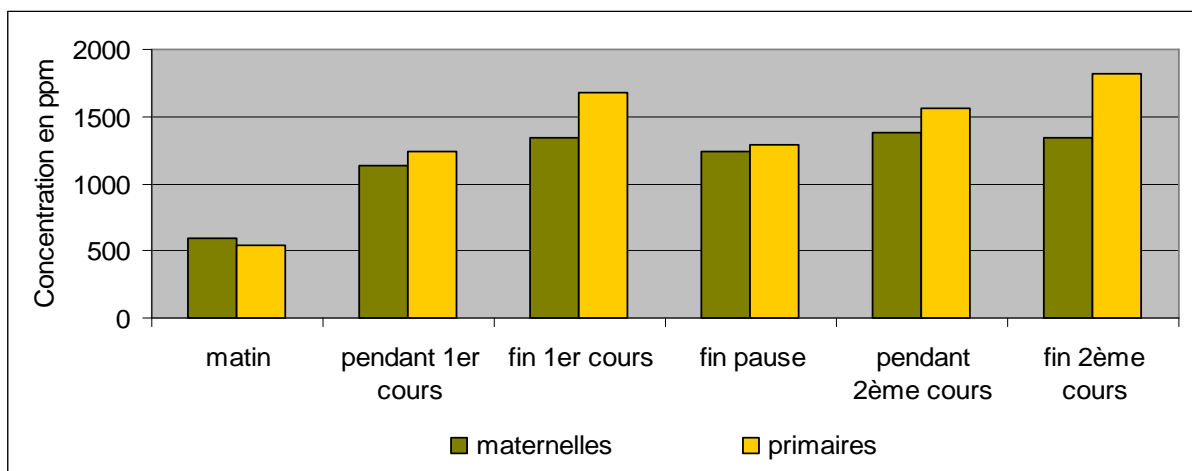


Figure 7.12 : Taux moyen de dioxyde de carbone dans les classes

La différence de taux de CO₂ entre les classes maternelles et primaires n'est significative que pour les mesures effectuées en fin des cours (troisième et sixième mesures). Cette différence peut être expliquée par un confinement plus marqué des classes primaires par rapport aux maternelles et une aération plus nette des classes primaires lors de la pause.

Les locaux en maternelles sont généralement des espaces ouverts, constitués souvent de plusieurs pièces communicantes dédiées aux diverses activités (coin sieste, coin lecture, salle jeux, etc.). En outre, le volume moyen des classes maternelles est plus élevé que celui des classes primaires (10,39 m³ par élève dans les maternelles contre 13,76 m³ dans les primaires, la différence étant statistiquement significative).

Plusieurs corrélations ont été trouvées entre le dioxyde de carbone et certains autres paramètres mesurés :

- ⇒ Il existe une corrélation entre le taux de CO₂ et la position des fenêtres (fermées ou ouvertes) : un taux de CO₂ élevé correspond aux fenêtres fermées. Cette corrélation n'est pas visible pour la première mesure au début de la matinée (pendant la nuit, les fenêtres restent fermées dans toutes les écoles, impossible donc de faire une corrélation avec les fenêtres ouvertes), mais elle est marquée pour toutes les autres mesures durant la matinée.
- ⇒ Le taux de CO₂ dans les classes est corrélé avec le nombre d'enfants présents dans la classe et avec le volume de la classe : plus le nombre d'enfants est élevé, plus le taux de CO₂ est élevé ; plus le volume de la classe est élevé, plus le taux de CO₂ est faible. Ce résultat démontre bien l'intérêt de ne pas surcharger les classes.
- ⇒ Une corrélation positive est également constatée entre le taux de CO₂ dans les classes maternelles et la taille de l'école exprimée par le nombre d'élèves inscrits. Cette corrélation n'est cependant pas observée pour les classes primaires.
- ⇒ La concentration de CO₂ dans les classes est corrélée avec le taux de CO₂ dans l'air extérieur uniquement pour la première mesure de la matinée, le plus souvent avant l'arrivée des enfants. Une ventilation naturelle passive est donc bien présente dans la majorité des écoles, mais elle n'est pas suffisante quand les élèves sont dans les classes.
- ⇒ La température extérieure est corrélée négativement avec le taux de CO₂ dans les classes. Plus la température extérieure est faible, plus le taux de CO₂ dans les classes est élevé. La température n'influence pas directement le taux de CO₂ mais peut conditionner l'ouverture des fenêtres et portes, et ainsi le renouvellement d'air.
- ⇒ Le taux de CO₂ au début de la matinée est corrélé positivement avec le taux de CO₂ à la fin de la matinée. En cas de ventilation insuffisante, un taux élevé de CO₂ au début de la matinée provoque une augmentation très marquée du taux à la fin de la matinée. Cette influence peut être aussi inverse : un taux élevé de CO₂ en fin de la journée peut causer des taux élevés le lendemain matin en cas de ventilation passive insuffisante.

7.4 Composés organiques volatils

Les concentrations des composés organiques volatils varient très largement d'une école à l'autre. Au sein d'une même école, des différences en composition de l'air et en concentrations sont également considérables.

Le seuil inférieur de détection pour le **benzène** a été de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les résultats des mesures ne peuvent donc pas être comparés à la valeur de $0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ citée par l'OMS. Des concentrations de benzène supérieures à $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (une exposition à cette concentration est associée à une augmentation du risque de leucémie de 1/100 000) ont été détectées dans 14 classes (10% des classes analysées). La norme européenne de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée dans 9 classes, ce qui représente 7 % des classes analysées (Figure 7.13). Le taux le plus élevé de benzène détecté dans une classe s'élève à $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

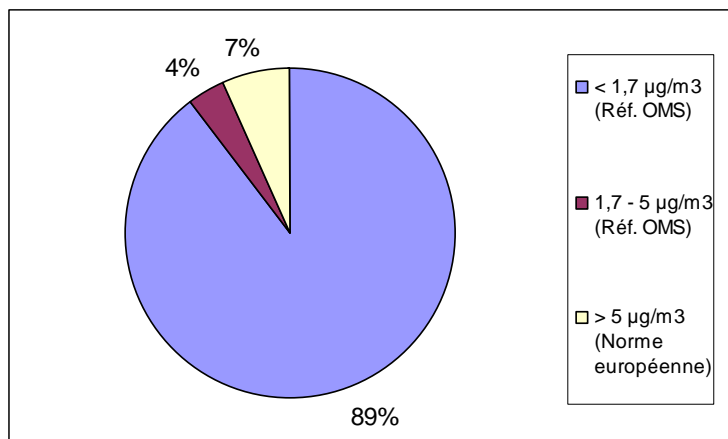


Figure 7.13 : Concentrations de benzène mesurées dans les classes par rapport à la norme européenne et aux valeurs évoquées par l'OMS

Des concentrations de **toluène** supérieures à la valeur seuil de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS, 2000) ont été détectées dans 4 classes.

Les concentrations des **autres composés analysés** sont comprises dans les normes proposées par l'OMS, la Région flamande et le Gouvernement allemand.

Cependant, un grand nombre de composés différents a souvent été détecté dans les classes. Les **sommes des concentrations de composés organiques volatils (TCOV)**, calculées pour chaque classe, sont présentées dans la Figure 7.14 (concentrations inférieures à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et la Figure 7.15 (concentrations supérieures à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

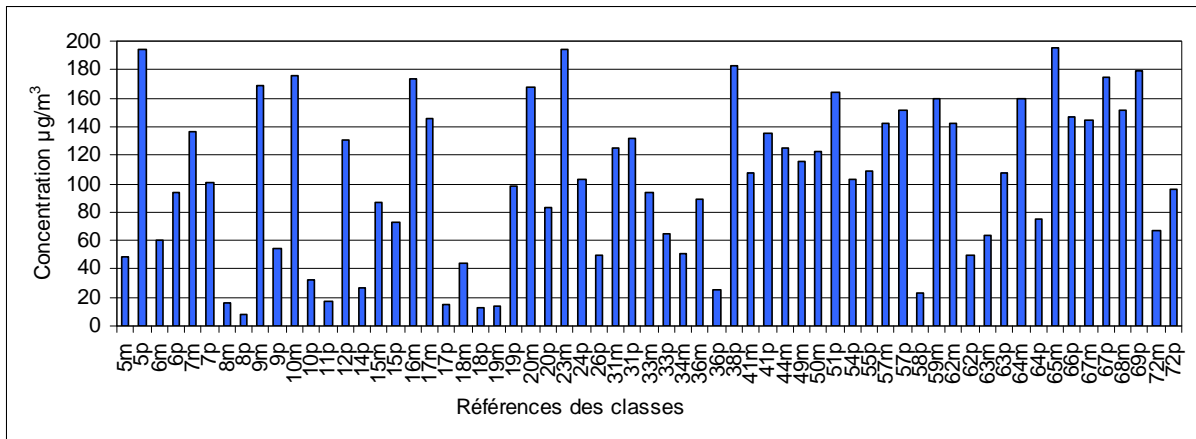


Figure 7.14 : Concentrations de TCOV inférieures à 200 µg/m³

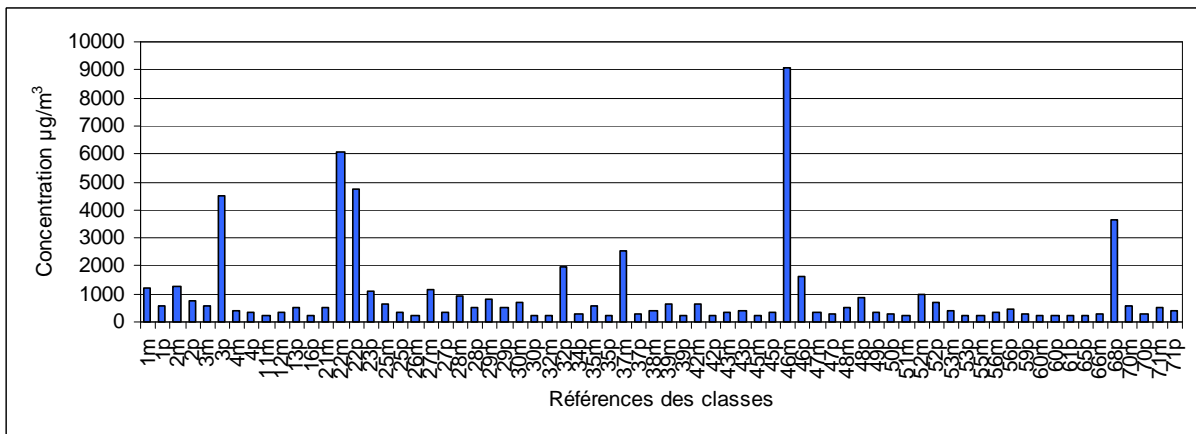


Figure 7.15 : Concentrations de TCOV supérieures à 200 µg/m³

Les trois valeurs les plus élevées de TCOV ont été retirées des figures pour une meilleure visualisation des résultats. Il s'agit des valeurs mesurées dans deux écoles (deux classes de l'école N° 40 et la classe maternelle de l'école N° 61) dans lesquelles des travaux de peinture étaient effectués lors des prélèvements. Les taux mesurés dans ces classes étaient respectivement de 42 062 µg/m³, 32 654 µg/m³ et 13 435 µg/m³.

Il est à noter que, en fonction de la norme utilisée, les résultats apparaissent fort différents : 46 à 63 % des classes se situent dans un niveau de confort.

- En comparant les résultats des analyses avec les recommandations de la Région flamande, il ressort que le taux de TCOV est inférieur à la valeur seuil de 200 µg/m³ dans 46 % des classes.
- Les résultats comparés à la législation allemande (Figure 7.16) montrent que 63 % des classes analysées se situent dans le niveau de confort ; dans 26 % des classes, une ventilation améliorée s'impose pour diminuer le taux de TCOV ; dans 5 % des classes, les COV détectés peuvent provoquer certains symptômes. Des niveaux toxiques de TCOV ont été détectés dans trois classes (2 %) des écoles faisant des travaux de peinture le jour de la visite.

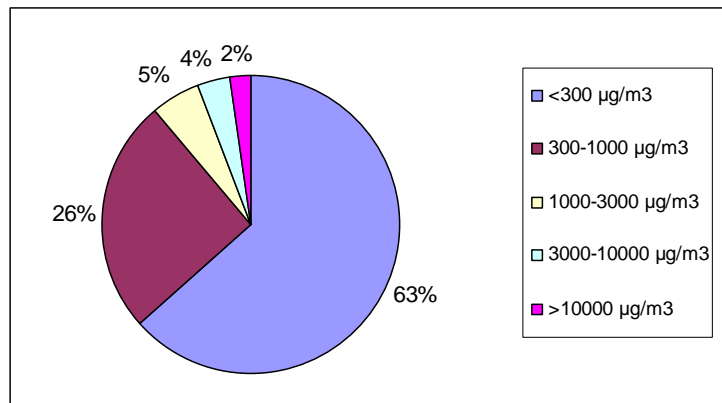


Figure 7.16 : Concentrations des composés organiques volatils totaux (TCOV) par rapport aux recommandations allemandes

- Selon les recommandations autrichiennes (Figure 7.17), les concentrations de TCOV sont faibles dans 56 % classes analysées, moyennes dans 19 % des classes, légèrement élevées dans 14 % des classes, élevées dans 5 % des classes et très élevées dans 6 % des classes.

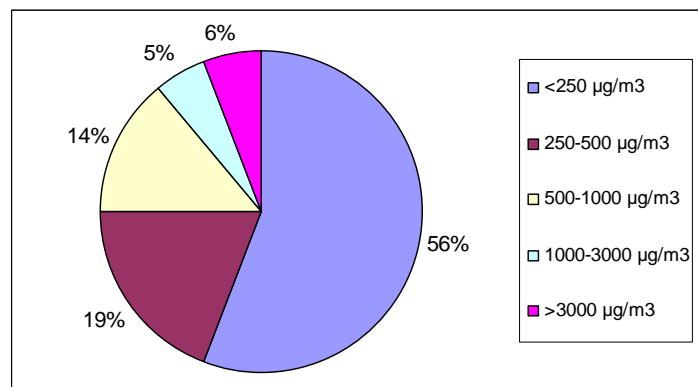


Figure 7.17 : Concentrations des composés organiques volatils totaux (TCOV) par rapport aux recommandations autrichiennes

La concentration de TCOV est corrélée positivement avec le taux de CO_2 , ce qui peut montrer une influence de la ventilation sur l'accumulation de substances dans l'air intérieur. Cette corrélation n'est marquée que pour les mesures du CO_2 à la fin du 1^{er} cours, à la fin de la pause et pendant le 2^{ème} cours.

Aucune autre corrélation n'a été mise en évidence, notamment avec la proximité de la chaudière et le type de matériaux présents dans les classes.

Des **mesures de contrôle** ont été réalisées dans 15 classes (12 écoles) présentant des taux de COV et/ou de formaldéhyde particulièrement élevés. Si les sources de ces composés sont évidentes pour certaines écoles (mise en peinture, fuite de mazout ou proximité d'un atelier), elles sont, par contre, difficiles à identifier dans beaucoup d'autres écoles.

Dans la plupart des classes, le taux de TCOV est inférieur au taux mesuré lors de la première visite. Dans une seule école, il est supérieur aux concentrations mesurées lors de la première visite. Un taux de benzène très élevé a été détecté lors de la mesure de contrôle dans une classe. Dans une autre classe, le taux de benzène est supérieur à la valeur seuil de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ proposée par la Communauté européenne. En ce qui concerne le toluène, tous les résultats d'analyses de contrôle sont inférieurs aux valeurs seuils.

Les analyses de contrôle qualité réalisées dans les écoles ayant des taux de composés organiques volatils faibles lors de la première mesure ont confirmé les concentrations peu élevées de ces substances.

7.5 Formaldéhyde

Le taux de formaldéhyde varie largement d'une école à l'autre. Le taux moyen dans les classes maternelles est légèrement supérieur au taux moyen mesuré dans les classes primaires ($35.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $31.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dans quatre classes, la concentration de formaldéhyde dépasse largement $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces classes sont localisées dans deux écoles (N° 11 et N° 28). Dans trois autres classes (32m, 32p et 67p), le taux de formaldéhyde est très proche de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figure 7.18 et Figure 7.19). Afin de mieux visualiser les résultats, l'échelle de la Figure 7.18 a été coupée à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

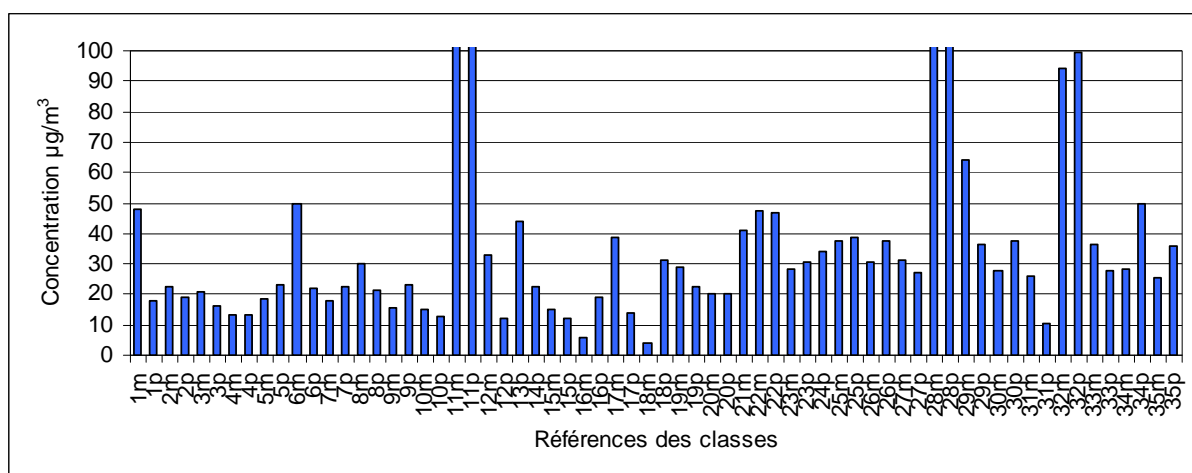


Figure 7.18 : Concentrations de formaldéhyde dans les écoles N° 1 à 35

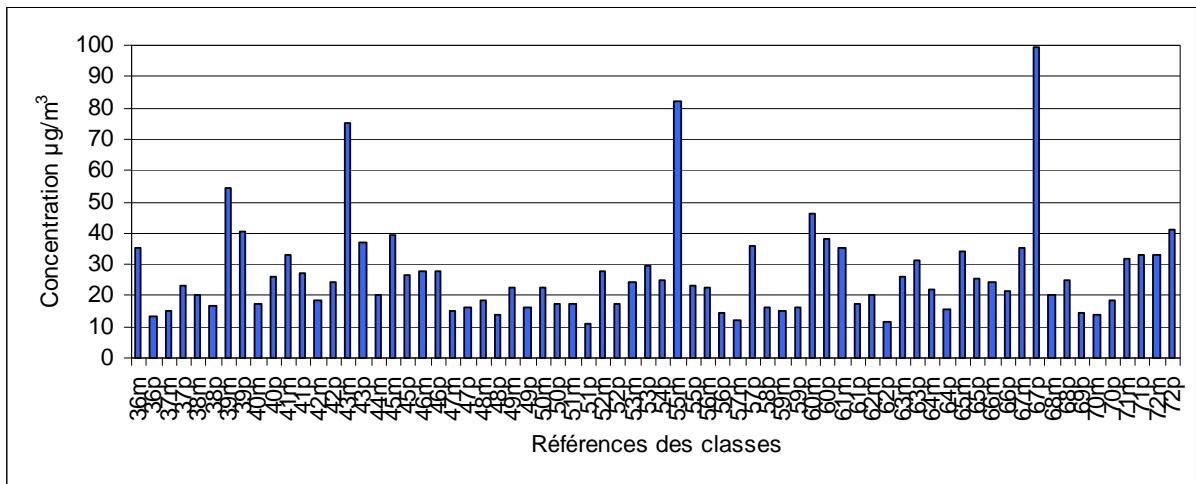


Figure 7.19 : Concentrations de formaldéhyde dans les écoles N° 36 à 72

Comme dans le cas des COV, l'interprétation des résultats varie fortement en fonction de la valeur seuil considérée. Dans la majorité des écoles (97 %), le taux de formaldéhyde est inférieur à la valeur seuil de 100 µg/m³ établie pour une exposition de 30 minutes (OMS, Norvège) ou considérée comme valeur d'intervention (Région flamande). Dans 92 % des classes, le taux de formaldéhyde est inférieur à 50 µg/m³ (valeur seuil conseillée par Santé Canada) ; dans 64 % des classes, il est inférieur à la valeur de 30 µg/m³ conseillée par la Finlande et le projet européen INDEX (Figure 7.20).

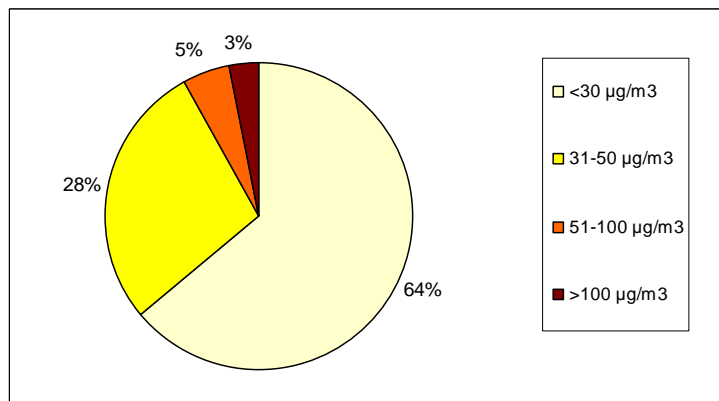


Figure 7.20 : Concentrations de formaldéhyde détecté dans les écoles par rapport aux différentes valeurs seuils

Le taux de formaldéhyde a été contrôlé dans les quatre classes (2 écoles) présentant des concentrations très élevées lors de la première visite. Les analyses de contrôle montrent des concentrations de formaldéhyde plus faibles et inférieures à la valeur seuil de 100 µg/m³.

Aucune corrélation entre le taux de formaldéhyde et les autres paramètres enregistrés n'a été trouvée.

7.6 Moisissures

Des signes d'humidité étaient visibles dans 15 classes (11 %) et des taches de moisissures sur les parois dans 18 classes (13 %). La présence de développement fongique a également été observée dans d'autres locaux/endroits de certains établissements visités. Il s'agit le plus souvent des caves et des toilettes et concerne au total 50 % des écoles (36/72). En général, le développement fongique est restreint et ne dépasse jamais 3 m².

Les espèces de moisissures détectées dans les écoles sont similaires à celles présentes dans d'autres milieux intérieurs ; il s'agit essentiellement des espèces de *Cladosporium*, *Penicillium* et *Aspergillus*. Dans deux écoles, le *Stachybotrys chartarum* a été détecté sur des parois contaminées. Certaines études laissent penser que cette moisissure peut être particulièrement dangereuse pour les petits enfants. Le SAMI-Lux a alors communiqué à la direction de chacune de ces écoles les effets potentiels de *Stachybotrys chartarum* sur la santé, ainsi que les mesures à prendre pour éviter le risque lié à l'exposition aux spores de cette moisissure. Le SAMI-Lux a également revisité une de ces deux écoles (le cas le plus inquiétant), en présence du médecin scolaire et du Pouvoir organisateur. Suite à cette intervention, les remédiations nécessaires ont été réalisées.

La présence de spores de moisissures dans l'air intérieur dépend fortement de la qualité de l'air extérieur qui varie selon les saisons et les conditions atmosphériques. En été et en automne, les quantités de spores dans l'air extérieur sont plus élevées qu'en hiver et au printemps. Etant donné que les écoles constituent des environnements ouverts (échange d'air facile entre l'intérieur et l'extérieur), les moisissures détectées dans l'air intérieur ont été comparées à celles présentes dans l'air extérieur pour éviter des faux positifs.

Pour la plupart des classes, le ratio air intérieur/air extérieur est inférieur ou égal à 1 (Figure 7.21 et Figure 7.22). Cependant, dans 18 classes maternelles (33 %) et 16 classes primaires (26 %), le ratio est supérieur à 1.

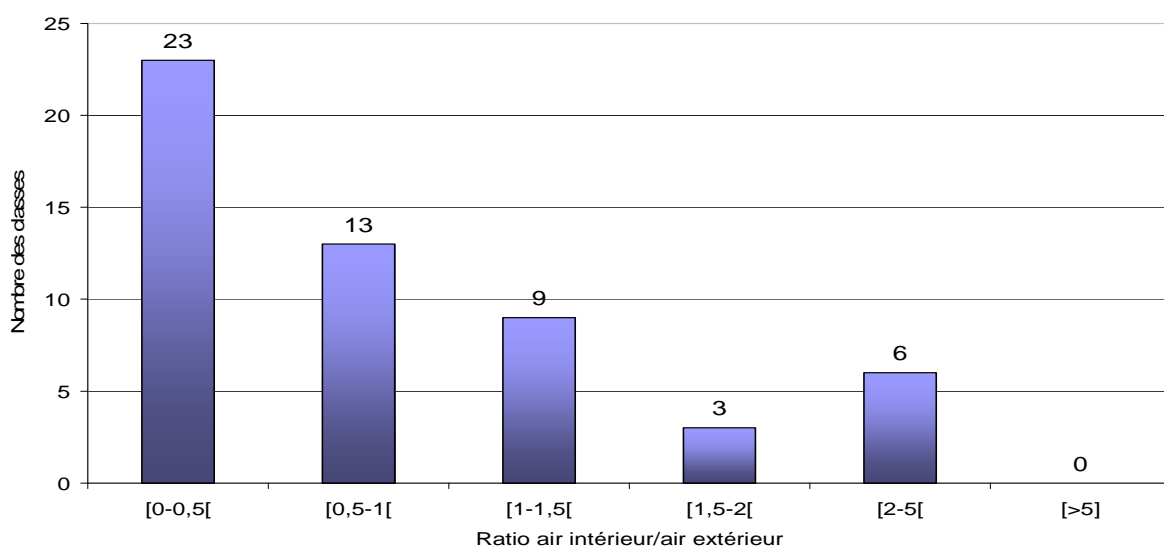


Figure 7.21 : Ratio air intérieur/air extérieur pour les moisissures totales dans les classes maternelles

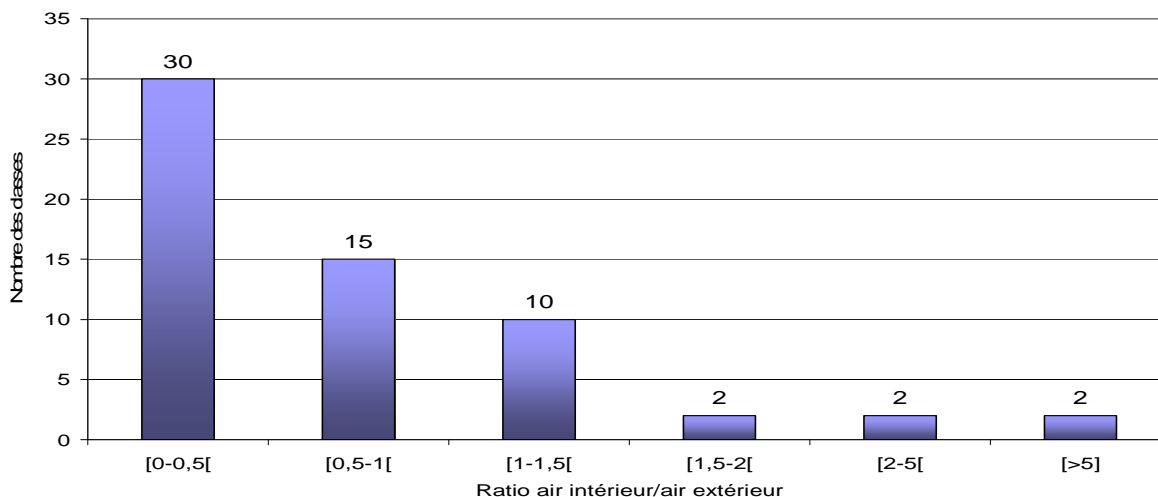


Figure 7.22 : Ratio air intérieur /air extérieur pour les moisissures totales dans les classes primaires

Les ratios pour chaque espèce ont également été vérifiés. Il ressort de cette analyse que le *Penicillium* est le genre le plus souvent retrouvé dans l'air intérieur. Les quantités de spores de *Penicillium* dans l'air intérieur dépassent celles présentes dans l'air extérieur dans 22 classes. Dans 5 cas, un développement fongique est également visible sur les parois et peut constituer la source des spores dans l'air. Dans les autres cas, les concentrations des spores ne sont pas très élevées et il peut s'agir de spores provenant de l'extérieur ou de spores accumulées dans la poussière déposée.

Un ratio supérieur à 1 pour *Aspergillus versicolor* a été trouvé dans 4 classes. Des taches de moisissures étaient visibles dans une seule classe ; dans les trois autres classes, aucune source de moisissures n'a été trouvée. Des quantités élevées d'*Aspergillus fumigatus* (>500 CFU/m³) ont été détectées dans deux classes sans source apparente de moisissures.

La quantité de spores de moisissures dans l'air intérieur est corrélée positivement avec l'humidité relative de l'air intérieur. Elle est également corrélée avec la quantité de spores détectées sur les surfaces horizontales.

7.7 Acariens

Les coussins constituent la source d'allergènes d'acariens le plus souvent rencontrée dans les écoles. Les autres sources, par ordre décroissant, sont : les tapis, les fauteuils, les matelas et les couvertures. La plupart des sources d'acariens se trouvent dans les classes maternelles.

Les matelas et les fauteuils sont les objets le plus souvent contaminés par les acariens à un niveau très élevé (classes 2 et 3) pouvant ainsi être à l'origine de crises d'asthme (Figure 7.23).

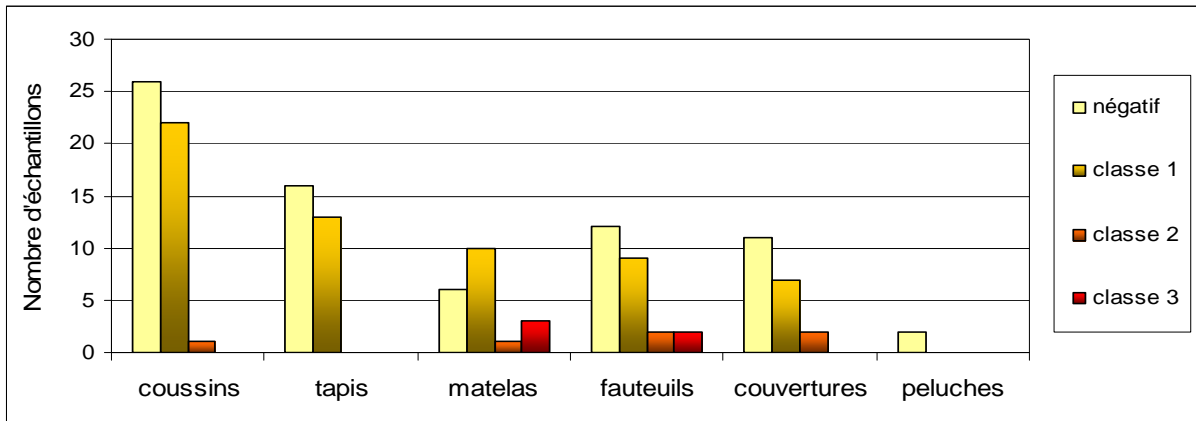


Figure 7.23 : Résultats des tests pour la présence d'allergènes d'acariens dans différents objets

Presque la moitié (45.5 %) des échantillons prélevés dans les classes maternelles contiennent des allergènes d'acariens dans des concentrations pouvant provoquer une sensibilisation (classe 1) ; 7.5 % de ces échantillons contiennent des concentrations en allergènes pouvant déclencher des crises d'asthme (Figure 7.24).

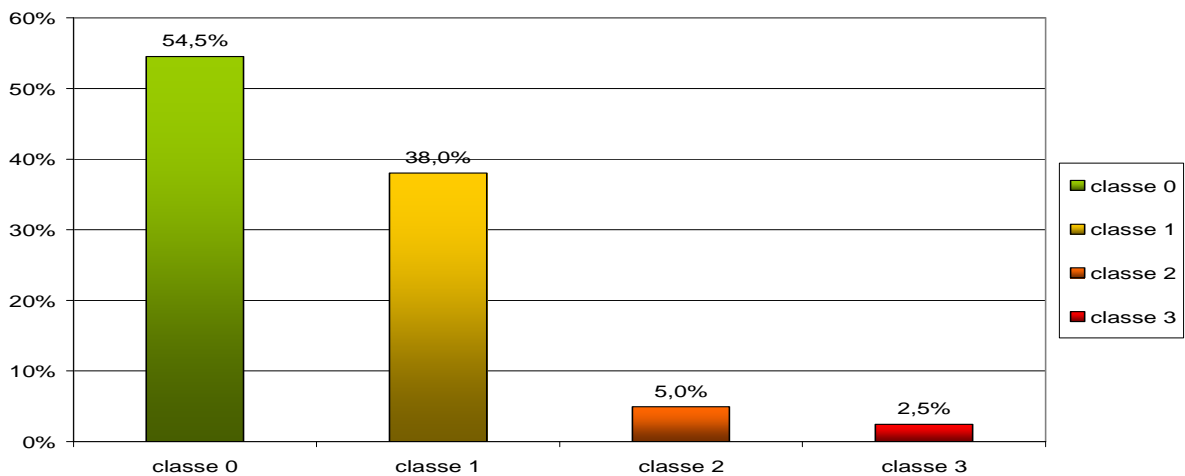


Figure 7.24 : Résultats des tests pour la présence d'allergènes d'acariens dans les échantillons prélevés dans les classes maternelles (121 échantillons)

Il est à noter que la présence d'un seul échantillon positif dans une classe, même si d'autres échantillons sont négatifs, suffit pour considérer la classe comme contaminée. Un risque de sensibilisation existe ainsi dans 54.4 % des classes maternelles. Dans 12.3 % d'entre elles, la concentration en allergènes d'acariens est suffisante pour déclencher des crises d'asthme (Figure 7.25).

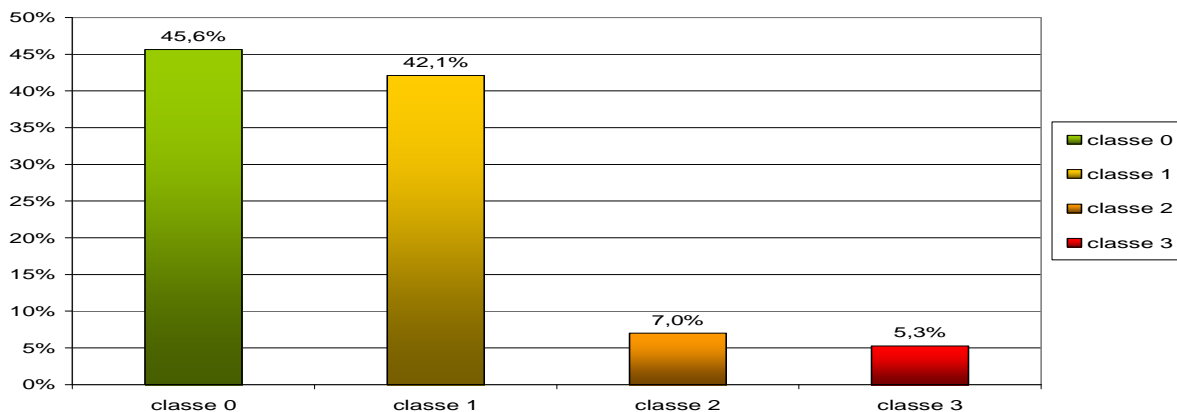


Figure 7.25 : Résultats des tests pour la présence d'allergènes d'acariens dans les classes maternelles (121 échantillons prélevés dans 57 classes)

7.8 Radon

Les détecteurs passifs de radon ont été distribués simultanément à 71 écoles sur 72 (une école visitée en mai 2008 a été fermée en septembre 2008 à cause d'un nombre insuffisant d'enfants). Par ailleurs, cinq de ces écoles ont reçu un dosimètre supplémentaire. Sur les 76 détecteurs distribués, 71 détecteurs sont parvenus au SAMI-Lux pour analyse. Les résultats concernent ainsi 71 mesures effectuées dans 66 écoles.

Le taux de radon varie entre 12 et 2327 Bq/m³ selon l'école, essentiellement en fonction de la localisation géographique (Figure 7.26). La concentration moyenne s'élève à 289 Bq/m³.

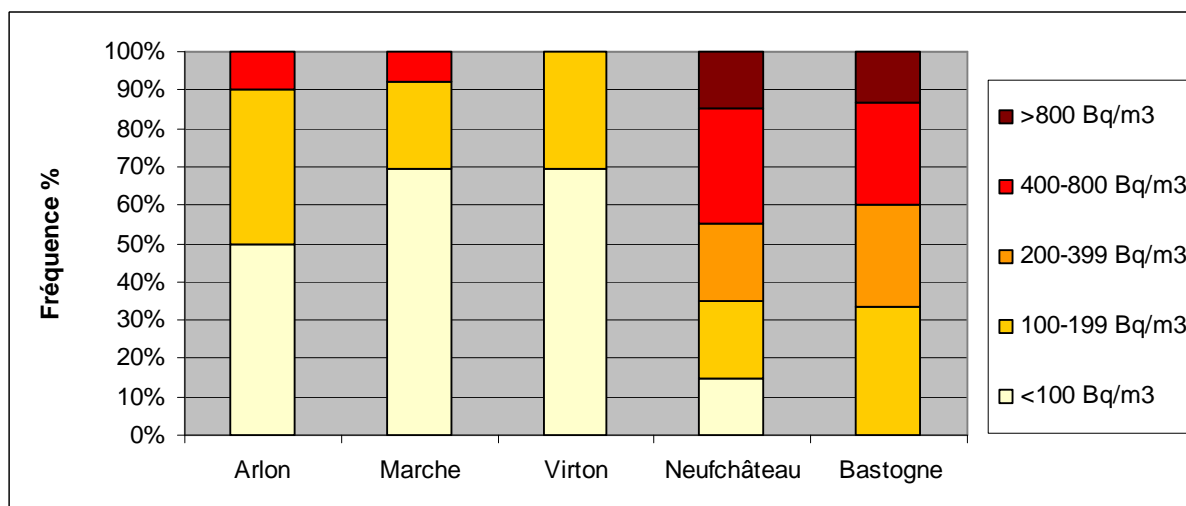


Figure 7.26 : Taux de radon dans les écoles par arrondissement

Le taux de radon dépasse la valeur seuil de 400 Bq/m³ en vigueur en Belgique dans 24 % des classes analysées (15 écoles). Il est même supérieur à la valeur d'intervention de 800 Bq/m³ dans 5 écoles (8 %).

Par rapport à la norme canadienne de 200 Bq/m³, le taux de radon est trop élevé dans 35 % des classes, tandis que 63 % des classes analysées dépassent la valeur de 100 Bq/m³ recommandée depuis septembre 2009 par l'OMS (Figure 7.27).

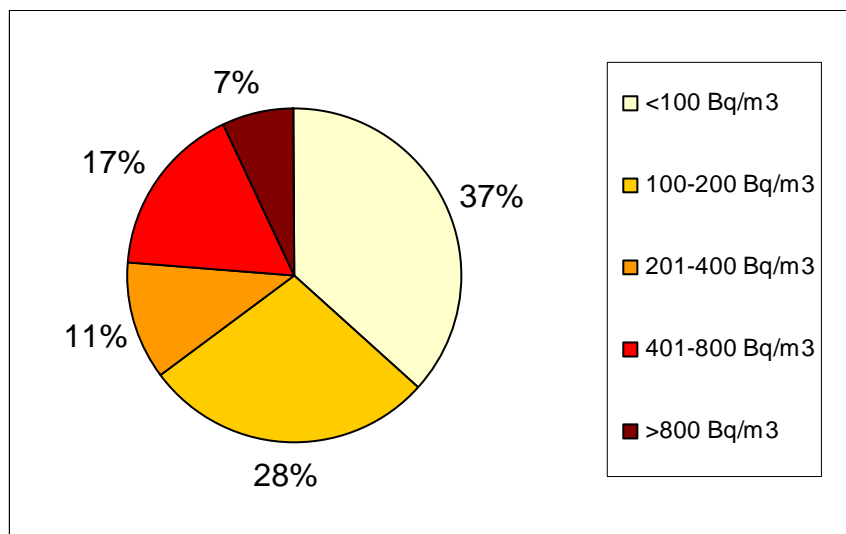


Figure 7.27 : Concentrations de radon dans les classes par rapport aux différentes valeurs seuils

7.9 Plomb

Des échantillons de peinture écaillée ont été prélevés dans cinq écoles. L'analyse de ces échantillons a révélé des résultats négatifs dans quatre écoles et deux échantillons positifs dans une école. Les résultats positifs concernent une peinture écaillée dans la cage d'escalier à l'étage et la cage d'escalier menant à la salle de gym. Dans les deux cas, il s'agit de couches inférieures de peintures probablement anciennes qui n'ont pas été enlevées avant la rénovation. Ces deux endroits sont accessibles aux enfants. Cependant, le risque d'intoxication au plomb ne peut pas être précisé car le taux de plomb dans ces peintures n'a pas été mesuré quantitativement.

7.10 Amiante

N'étant pas spécialisée dans la détection des matériaux contenant de l'amiante, l'équipe du SAMI-Lux s'est concentrée sur la présence de matériaux détériorés susceptibles de contenir des fibres d'amiante et de les libérer dans l'air ambiant. Huit échantillons ont ainsi été prélevés et envoyés pour analyse dans un laboratoire spécialisé. Quatre de ces huit échantillons se sont révélés positifs à la présence d'amiante. Dans un cas, il s'agit de calorifuge isolant une chaudière et certains tuyaux de la cave. Il existe un risque de retrouver des fibres d'amiante dans les pièces fréquentées par les enfants car les portes de la cave ne sont pas étanches, ni fermées à clef. Les trois autres échantillons contenant de l'amiante sont des plaques recouvrant des murs, légèrement fissurées ou cassées. Elles sont localisées dans des classes et un réfectoire, un risque d'exposition à ces fibres est donc possible.

8 Discussion

La problématique des pollutions intérieures est encore relativement récente, et de nombreuses incertitudes subsistent, notamment concernant l'effet de certains polluants sur la santé, leurs interactions ou encore les valeurs seuils à prendre en considération.

Les milieux scolaires étant jusqu'à présent peu étudiés, il était impossible de se baser sur une expérience similaire pour construire le projet. Diverses difficultés ont ainsi été rencontrées lors de la conception et la réalisation de l'étude.

Tout d'abord, concernant l'élaboration de la méthodologie, l'élément le plus problématique concernait le temps de prélèvement pour l'analyse des composés organiques volatils (COV). Des prélèvements de longue durée sont préférables pour connaître des expositions à long terme. Ils se font généralement via un échantillonnage passif qui n'est cependant pas suffisamment précis dans les milieux intérieurs à cause des faibles mouvements d'air. En outre, ce type de prélèvement impose un déplacement supplémentaire pour récupérer l'équipement. Le choix s'est donc porté sur le prélèvement actif. La durée d'échantillonnage a été adaptée aux réalités du terrain, afin de correspondre aux horaires scolaires et de limiter le dérangement causé par les appareils de mesures. Cette durée, relativement courte, pourrait expliquer la variabilité des mesures de COV dans le temps. En effet, les concentrations trop élevées de ces composés semblent être de courte durée et provoquées par des sources non présentes continuellement dans le bâtiment mais introduites de l'extérieur. Ces sources ne sont pas toujours faciles à identifier et elles peuvent fausser l'évaluation de la qualité générale de l'air intérieur.

Ensuite, concernant l'interprétation des résultats : il n'existe pas encore de consensus et de normes « officielles ». Les recommandations proposées par certains pays ou institutions internationales sont très fragmentaires et parfois contradictoires. C'est pourquoi, nous avons comparé les résultats d'analyses aux différentes valeurs trouvées dans la littérature. La grande variabilité de ces valeurs rend extrêmement difficile la formulation de conclusions franches et claires sur la qualité de l'air. Tout au plus pouvons-nous parler de tendance. Mais il ne nous appartient pas de décider quelle valeur est la plus pertinente.

Une autre difficulté, mais sans conséquence majeure pour les résultats, a concerné l'obtention d'informations sur les bâtiments. Ce défaut s'est essentiellement fait ressentir au sujet des inventaires d'amiante, le plus souvent en raison d'un manque de connaissances de la part de nos interlocuteurs. L'inventaire d'amiante est très important et doit être disponible dans chaque implantation scolaire. En effet, les matériaux, même en bon état, peuvent constituer une source d'exposition aux fibres d'amiante si les mesures préventives ne sont pas entreprises en cas de travaux.

Il est important de souligner que l'étude n'a pas rencontré que des difficultés !

Elle a généralement été bien acceptée par la direction et le corps enseignant. Malgré quelques réticences initiales dues à la crainte de devoir assumer les conséquences de problèmes éventuellement mis en évidence, aucune école n'a refusé de participer.

La réalisation des visites des écoles avec les médecins scolaires a permis de développer une excellente collaboration. Les médecins réalisent régulièrement les visites des

établissements scolaires mais ils évaluent essentiellement l'hygiène et la sécurité des enfants. Leur approche est donc différente mais en même temps complémentaire et devrait être incluse dans l'évaluation de l'environnement scolaire. La collaboration avec les médecins scolaires continue au-delà de cette étude sous forme d'un partenariat qui a pour but d'assurer un environnement scolaire de qualité.

9 Conclusion

Le problème de la pollution intérieure est complexe et résulte d'interactions entre plusieurs facteurs. Les plus importants sont : la conception du bâtiment, son utilisation, la présence de sources de polluants, la qualité de l'entretien et l'efficacité de la ventilation.

Tous ces éléments ont été vérifiés et mesurés lors de l'étude mais, en raison de l'absence de normes pour certains polluants, il est difficile de se prononcer clairement sur la qualité de l'environnement dans les écoles fondamentales. Cela concerne essentiellement les composés organiques volatils, pour lesquels l'interprétation des résultats varie fortement en fonction de la valeur seuil considérée. Malgré cette difficulté, l'étude a mis en évidence certains facteurs et tendances pouvant influencer la qualité de l'environnement intérieur.

Le constat principal de l'étude est un manque de ventilation, entraînant dans la majorité des classes des concentrations élevées de dioxyde de carbone. Ces concentrations augmentent très rapidement et dépassent la valeur seuil recommandée déjà après une heure du cours. Il est donc crucial d'améliorer l'aération dans les écoles, car cette action permet également de réduire les expositions aux autres polluants.

Le deuxième problème concerne la qualité de l'entretien, qui devrait être améliorée dans la moitié des écoles visitées. Ce défaut concerne essentiellement les sanitaires, mais entraîne également l'accumulation de poussières dans les classes, créant ainsi des réservoirs de polluants divers tels que composés organiques volatils, allergènes, spores de moisissures.

D'autres facteurs de risques de réactions allergiques pour des personnes sensibilisées ont également été observés dans les écoles : des allergènes d'acariens, des animaux, des plantes allergisantes.

Le radon constitue aussi une source de pollution non négligeable, puisque près d'une école sur quatre présente un taux supérieur aux recommandations européennes. Ce résultat doit toutefois être nuancé avant d'être extrapolé. En effet, la province de Luxembourg, en raison des propriétés géologiques de son sous-sol, représente une région à risque pour ce polluant.

Outre les polluants au sens propre, l'étude a permis de mettre en évidence certaines lacunes à différents niveaux.

Tout d'abord, il apparaît que le corps enseignant et les personnes responsables des bâtiments ne connaissent pas suffisamment la problématique des pollutions intérieures. Ce manque de connaissances concerne les polluants possibles, leurs sources, ainsi que les actions à appliquer pour réduire la pollution. Et pourtant des actions simples, telles qu'une bonne aération, suffisent souvent pour préserver une bonne qualité de l'air intérieur.

L'information et la sensibilisation de tous les acteurs ayant une influence sur la qualité de l'environnement scolaire constituent dès lors des actions prioritaires.

L'étude a également révélé un manque de concertation de la part des acteurs concernés quant à la répartition des responsabilités en matière d'utilisation du bâtiment, d'entretien et de travaux de remédiation. Une réglementation ou une officialisation en la matière serait dès lors très bénéfique pour les enfants, le corps enseignant et les autres occupants des bâtiments scolaires.

La troisième lacune concerne le manque de normes pour plusieurs polluants de l'air intérieur. Ne pouvant pas comparer les résultats d'analyses à des valeurs de référence, il est difficile de se prononcer sur la qualité de l'air et de décider si des remédiations sont nécessaires ou non. L'établissement de normes pour chaque polluant susceptible d'influencer la santé est donc très important. Cette action doit se faire au niveau national ou régional et se baser sur les études scientifiques et/ou épidémiologiques. Les effets de la plupart des polluants n'étant perceptibles qu'après un certain temps, le travail peut prendre plusieurs années. En attendant, des valeurs guides provisoires pourraient aider les personnes responsables à prendre les décisions adéquates en cas de situations inquiétantes.

L'étude a mis en évidence plusieurs éléments et polluants pouvant influencer la qualité de l'air intérieur et, éventuellement, la santé des élèves. Ces facteurs n'étant pas typiques de la province de Luxembourg, les conclusions de l'étude pourraient être étendues aux écoles fondamentales des autres provinces belges.

Un bon environnement intérieur est important pour la santé, le développement et le bien-être des élèves. Il est dès lors nécessaire de planifier et mener des actions en vue de le préserver ou l'améliorer. En particulier, une information adéquate et la sensibilisation de tous les acteurs ayant une influence sur l'environnement scolaire peut se révéler rapidement efficace !

10 Perspectives

Comme évoqué plus haut, l'un des objectifs du projet était l'élaboration d'un programme d'actions de sensibilisation et d'information à l'intention des différents publics scolaires.

Sur base des observations et résultats de l'étude, diverses actions devraient ainsi être envisagées afin de correspondre aux besoins du terrain :

- Conception d'un dossier pédagogique à l'intention des enseignants et des élèves afin de leur permettre d'adopter les bons gestes pour maintenir la qualité de l'environnement intérieur (modes et fréquence de ventilation, choix des matériaux de bricolage, adoption de comportements «sains» par les élèves, etc.) ;
- Adaptation de la check-list utilisée par les médecins/infirmières scolaires lors de leurs visites d'établissements ;
- Conférences/formations pour les enseignants ;
- Conception d'une brochure d'information à l'intention du personnel d'entretien (produits, ventilation des locaux pendant le nettoyage, priorités, etc.) ;
- Formations pour le personnel nettoyant et pour les ouvriers.

11 Bibliographie

- AFSSET. 2007. Valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldéhyde. 78 p
- AFSSET. 2008. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Benzène. 89 p
- ATSDR. 1999. Toxicological profile for formaldehyde. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA: U.S department of Health and Human Services, Public Health Services
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>
- BECHER R., HONGSLO J. K., DYBING E. 2000. Guidelines for indoor air in Norway: A practical approach. Vol. 42. N° 166. pp. 197-221 et 245-246
- CRIFI (Cellule régionale d'intervention en pollution intérieure). 2004. Rapport d'activités 2000-2003. 101 p
- ECA-IAQ (European Collaborative Action 'Indoor Air Quality and Its Impact on Man). 1997. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. Report N°19. 46 p
- EFA (European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients Associations). 2004. Towards Healthy Air in Dwelling in Europe. The THADE report. 92 p
- Haouichat H., Pauli G., Ott M., Hedelin G., De Blay F., Verot A., Bessot JC. 2000. Réévaluation de l'Acarex-test dix ans après. Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique. Vol. 40. N° 8. pp. 783-792
- Hutter HP., Moshammer H., Wallner P., Tappler P., Kundi M. 2005. Volatile organic compounds: guidelines from the Austrian working group on indoor air. Proceedings of Indoor Air 2005. pp. 3519-3522
- Institut national de santé publique du Québec. 2002. Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur. Rapport scientifique. 166 p
- IPCS (International Program on Chemical Safety). 2002. Concise International Chemical Assessment CICAD n° 40. Formaldehyde. World Health Organization. Geneva.
<http://www.inchem.org/>.
- Koistinen K., Kotzias D., Kephelopoulos S., Schlitt C., Carrer P., Jantunen M., Kirchner S., McLaughlin J., Molhave L., Fernandes E., Seifert B. 2008. The INDEX project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy. Vol. 63. N° 7. pp. 810-819
- Molhave L. 1990. Volatile organic compounds, indoor air quality and health. Proceedings of Indoor Air '90. Toronto. Vol. 5. pp. 15-33
- Namiesnik J., Gorecki T., Kozdron-Zabiegala B., Lukasiak J. 1992. Indoor Air Quality (IAQ), Pollutants, Their Sources and Concentration Levels. Building and Environment. Vol. 27. pp. 339-356
- Norme NBN EN 13779. (2004). Ventilation dans les bâtiments non résidentiels-Spécifications des performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation.
<http://energie.wallonie.be/energieplus/CDRom/normes/ventilation/nbnen13779.htm>

OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur). 2006. Etat de la Qualité de l'Air Intérieur – Campagne nationale Logements. 183 p

Platts-Mills T.A., Vervloet D., Thomas W.R., Aalberse R.C., Chapman M.D. 1997. Indoor allergens and asthma: Report of the Third International Workshop. Journal of Allergy and Clinical Immunology. Vol.100. N° 6. pp. 1-24

Ranson JH., Leonard J., Wasserstein RL. 1991. Acares test correlates with monoclonal antibody test for dust mites. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 87(4). pp. 886-888

Santé Canada. 1987. Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences. 26 p

Santé Canada. 2007. Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel. Moisissures
<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/mould-moisissure-fra.php>

Santé Canada. 2006. Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel. Formaldéhyde
<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/formaldehyde-fra.php>

Santé Canada. Lignes directrices sur le radon du gouvernement du Canada.
http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/radon/guidelines_lignes_directrice-fra.php

Santé Canada. La qualité de l'air intérieur.
<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/in/index-fra.php>

Säteri J. 2002. Finnish Classification of Indoor Climate 2000: Revised Target Values. Proceedings of Indoor Air 2002. pp. 643-648

Seifert B. 1990. Regulating indoor air. Proceedings of Indoor Air '90. Vol. 5. pp. 35-49

Seifert B., Englert N., Sagunski H., Witten J. 1999. Proceedings of Indoor Air '99. Vol. 1. pp. 499-504

Tableau de Bord socio-économique de la province de Luxembourg.2008.
http://www.province.luxembourg.be/provlux/provlux_fr_focus/publications/publications-diverses/economie/decouvrez-le-nouveau-tableau-de-bord-socio-economique-de-la-province-de-luxembourg.html

Umweltbundesamt. 2007. Beurteilung von Innen-raumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten
http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/Handreichung_fulltext.pdf

WHO. 2000. Air quality guidelines for Europe. 273 p

WHO. 2009. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. 229 p
<http://www.euro.who.int/document/E92645.pdf>

WHO. 2009. WHO Handbook on Indoor Radon. 94 p

Yu C., Crump D. 1998. A review of the emission of VOCs from Polymeric Materials used in Buildings. Building and Environment. Vol. 33. pp. 357-374

12 Annexes

Annexe I : Membres du comité scientifique

Annexe II : Questionnaire utilisé lors des visites des écoles

Annexe I : Membres du comité scientifique

Docteur Jacques NICOLAS, responsable de l'Unité Surveillance de l'Environnement, ULg – Campus d'Arlon

Monsieur Marc ROGER, chef de projet, Laboratoire d'Etude et de Prévention des Pollutions Intérieures, Hainaut Vigilance Sanitaire

Madame Sandrine BLADT, chef de service, Cellule Régionale d'Intervention en Pollution Intérieure (CRIPI), Bruxelles Environnement – IBGE

Madame Françoise JADOUL, Espace Environnement

Docteur Xavier VAN DER BREMPT, pneumo-allergologue, Allergopôle, Clinique Saint-Luc, Bouge (Namur)

Docteur Camille CHASSEUR, Institut Scientifique de Santé Publique, Bruxelles

Annexe II : Questionnaire utilisé lors des visites des écoles

NUMÉRO D'IDENTIFICATION : | _ | _ |

DATE DE LA VISITE :

ECOLE :

ADRESSE :

.....

Pers. Contact :

Tél.: **Fax :**

E-mail :

Médecin scolaire :

Réseau communal libre Communauté française

P.O.:

Informations de base

Nombre de classes maternelles : **Nombre d'élèves :**

Nombre de classes primaires : **Nombre d'élèves :**

Enseignement secondaire ?	non	général	technique	professionnel	CEFA
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Production éventuelle de :

Nombre total d'élèves inscrits :

Environnement général de l'école

Conditions atmosphériques	Soleil	nuageux	pluie	Brouillard	Neige
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Température :°C

Humidité relative : %

CO₂ : ppm

Localisation	Ville	Village	Zone résidentielle	Zone industrielle	Zone agricole
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Trafic devant école	Faible	Normal	Fort	Très fort
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de voitures pendant 10 min : **Période :**

Types de nuisances		Distance	Situation géographique des nuisances par rapport à l'école
<i>Ferme</i>	.....	m	.....
<i>Antenne GSM</i>	.....	m	.....
<i>Ligne à haute tension</i>	.....	m	.....
<i>Usine</i>	.....	m	.....
<i>Axe de circulation dense</i>	.....	m	.....
<i>Autre</i>	.....	m	.....

COMMENTAIRES/RECOMMANDATIONS pour l'école

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Année de construction :

Date de la dernière rénovation :

Type de rénovation :

Matériaux de construction	Brique <input type="checkbox"/>	Pierre <input type="checkbox"/>	bloc Béton <input type="checkbox"/>	Préfabriqué <input type="checkbox"/>	Bois <input type="checkbox"/>
Isolation murs	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Isolation toit	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Cave	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Revêtement :	Terre battue <input type="checkbox"/>	Dalle en béton <input type="checkbox"/>	Carrelage <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Vide ventilé	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Double vitrage	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>		
Y a t il des pièces sans aération ?	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>			
Si oui, lesquelles ?	.....			
Type de chauffage	<input type="checkbox"/> central :	<input type="checkbox"/> mazout	<input type="checkbox"/> gaz	<input type="checkbox"/> électrique	<input type="checkbox"/> pellets
	<input type="checkbox"/> convecteurs				
	<input type="checkbox"/> air pulsé				
Emplacement	Chaudière :				
	Cuve :				
Le bâtiment est-il originellement construit pour être une école ?	Oui <input type="checkbox"/>		Non <input type="checkbox"/>		

Dans le même bâtiment, y a t il d'autres activités ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Si oui, lesquelles ?	Garage	Atelier	Entrepôt	Appartement	autre
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Y a t il une cuisine ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
La cuisine est-elle séparée des autres pièces ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Y a t il une hotte à évacuation ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Informations relatives à l'état et à l'utilisation du bâtiment

Observation :		Endroit et description
Condensation sur les fenêtres/les murs	oui / non	
Odeurs	oui / non	
Signes d'humidité	oui / non	
Présence de moisissures et surface totale contaminée	oui / non	

Mode de ventilation générale : naturelle mécanique

Description :

.....

Présence de plantes dans l'école ?	Non	Oui	Oui, dont ficus
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de plantes :

Présence de mousses blanches sur le terreau ?	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Présence d'animaux à l'intérieur de l'école ?	Non, nulle part	Oui, dans les pièces fréquentées par les enfants	Oui, dans les pièces non fréquentées par les enfants
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui, lesquels ?	.....	

Fréquence de nettoyage : / semaine

Entretien :	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> moyen	<input type="checkbox"/> correct
--------------------	--------------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

Présence des produits suivants :	<input type="checkbox"/> Dettol	<input type="checkbox"/> Eau de Javel	<input type="checkbox"/> Pesticides
---	---------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Présence de désodorisants :	<input type="checkbox"/> aérosols	<input type="checkbox"/> en gel ou liquide	<input type="checkbox"/> en bloc solide
------------------------------------	-----------------------------------	--	---

Inventaire d'amiante	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Suspicion d'amiante	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

Suspicion tuyauterie en Pb	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

Peinture endommagée	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

ANALYSES COMPLEMENTAIRES pour l'école

Pièce				
Acariens				
Moisissures				
- contact	-	-	-	-
- scotch	-	-	-	-
- air	-	-	-	-
T° (°C)				
HR (%)				
Humidité parois (%)				
T° parois (°C)				
Amiante				
Plomb				
Autre (type)				

Année de construction :

Date de la dernière rénovation :

Type de rénovation :

Matériaux de construction	Brique <input type="checkbox"/>	Pierre <input type="checkbox"/>	bloc Béton <input type="checkbox"/>	Préfabriqué <input type="checkbox"/>	Bois <input type="checkbox"/>
Isolation murs	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Isolation toit	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Cave	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Revêtement :	Terre battue <input type="checkbox"/>	Dalle en béton <input type="checkbox"/>	Carrelage <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Vide ventilé	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>	Ne sait pas <input type="checkbox"/>	
Double vitrage	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Partiellement <input type="checkbox"/>		
Y a t il des pièces sans fenêtres et/ou avec fenêtres non ouvrables ?	Non <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>			
Si oui, lesquelles ?	.....			
Type de chauffage	<input type="checkbox"/> central :	<input type="checkbox"/> mazout	<input type="checkbox"/> gaz	<input type="checkbox"/> électrique	<input type="checkbox"/> pellets
	<input type="checkbox"/> convecteurs				
	<input type="checkbox"/> air pulsé				
Emplacement	Chaudière :				
	Cuve :				
Le bâtiment est-il originellement construit pour être une école ?	Oui <input type="checkbox"/>		Non <input type="checkbox"/>		

Dans le même bâtiment, y a t il d'autres activités ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Si oui, lesquelles ?	Garage	Atelier	Entrepôt	Appartement	autre
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Y a t il une cuisine ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
La cuisine est-elle séparée des autres pièces ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Y a t il une hotte à évacuation ?	Non		Oui		
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Informations relatives à l'état et à l'utilisation du bâtiment

Observation :		Endroit et description
Condensation sur les fenêtres/les murs	oui / non	
Odeurs	oui / non	
Signes d'humidité	oui / non	
Présence de moisissures et surface totale contaminée	oui / non	

Mode de ventilation générale : naturelle mécanique

Description :

.....

Présence de plantes dans l'école ?	Non	Oui	Oui, dont ficus
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de plantes :

Présence de mousses blanches sur le terreau ?	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Présence d'animaux à l'intérieur de l'école ?	Non, nulle part	Oui, dans les pièces fréquentées par les enfants	Oui, dans les pièces non fréquentées par les enfants
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Si oui, lesquels ?	.....	

Fréquence de nettoyage : / semaine

Entretien :	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> moyen	<input type="checkbox"/> propre
--------------------	--------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

Présence des produits suivants :	<input type="checkbox"/> Dettol	<input type="checkbox"/> Eau de Javel	<input type="checkbox"/> Pesticides
---	---------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

Présence de désodorisants :	<input type="checkbox"/> aérosols	<input type="checkbox"/> en gel ou liquide	<input type="checkbox"/> en bloc solide
------------------------------------	-----------------------------------	--	---

Inventaire d'amiante	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Suspicion d'amiante	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

Suspicion tuyauterie en Pb	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

Peinture endommagée	Non	Oui
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si oui, à quel endroit ?

ANALYSES COMPLEMENTAIRES pour l'école

Pièce				
Acariens				
Moisissures				
- contact	-	-	-	-
- scotch	-	-	-	-
- air	-	-	-	-
T° (°C)				
HR (%)				
Humidité parois (%)				
T° parois (°C)				
Amiante				
Plomb				
Autre (type)				

CLASSE MATERNELLE - OBSERVATIONS

N° Réf. / Classe sélectionnée : | _ | _ |

Dimensions de la classe L/l/h (m): **Volume** : m³

Nombre d'élèves de la classe : général : pendant la visite :

Etage sous-sol rez 1^{er} étage 2^{ème} étage

Sol carrelage plancher quickstep vinyle tapis plain
 carquette liège béton peint

Murs peinture papier peint panneaux plafonnage

Plafond peinture faux plafond lattes plastic lattes bois poutre
 aggloméré liège gyproc

Fenêtres Double vitrage Simple vitrage
 tenture store absent

Mobilier aggloméré bois métallique

Canapé/fauteuil non cuir tissu alcantara simili

Coussin(s) : nombre **Peluche(s)** : nombre

WC dans la classe séparé

Coin sieste non oui Endroit :

Présence	Nombre
<input type="checkbox"/> couchettes	
<input type="checkbox"/> matelas entièrement plastifié	
<input type="checkbox"/> matelas non plastifié	

Protège matelas : non tissus plastifié

Présence	Nombre	Lavage : fréquence et T°
<input type="checkbox"/> couette/couverture		
<input type="checkbox"/> oreillers		
<input type="checkbox"/> draps de lits		
<input type="checkbox"/> coussins		
<input type="checkbox"/> peluche/doudou		
<input type="checkbox"/> autre		

Présence d'animaux ? non oui
Si oui, lesquels ?

Présence de plantes ? non oui oui, dont ficus
Nombre :

Présence de mousses blanches sur le terreau ? non oui

Suspicion d'amiante Non Oui

Si oui, à quel endroit ?

Suspicion tuyauterie en Pb Non Oui

Peinture endommagée Non Oui

Si oui, à quel endroit ?

Rénovation (année/type) :

Odeurs :

Humidité :
.....
.....
.....

Moisissures :
.....
.....
.....

Autre :
.....
.....
.....

CLASSE PRIMAIRE - OBSERVATIONS

N° Réf. / Classe sélectionnée : | _ | _ |

Dimensions de la classe L/l/h (m): Volume : m³

Nombre d'élèves de la classe : général : pendant la visite :

Etage sous-sol rez 1^{er} étage 2^{ème} étage

Sol carrelage plancher quickstep vinyle tapis plain
 carquette liège béton peint

Murs peinture papier peint panneaux plafonnage

Plafond peinture faux plafond lattes plastic lattes bois poutre
 aggloméré liège gyproc

Fenêtres Double vitrage Simple vitrage
 tenture store absent

Mobilier aggloméré bois métallique

Canapé/fauteuil non cuir tissu alcantara simili

Coussin(s) : nombre **Couverture(s)** : nombre

Présence d'animaux ? non oui
 Si oui, lesquels ?

Présence de plantes ? non oui oui, dont ficus
 Nombre :

Présence de mousses blanches sur le terreau ? non oui

Suspicion d'amiante Non Oui

 Si oui, à quel endroit ?

Suspicion tuyauterie en Pb Non Oui

Peinture endommagée Non Oui

 Si oui, à quel endroit ?

Rénovation (année/type) :

Odeurs :

Humidité :

.....
.....
.....

Moisissures :

.....
.....
.....

Autre :

.....
.....
.....

CLASSE MATERNELLE - ANALYSES & RESULTATS DES MESURES

N° Réf. : | _ | _ |

Type de cours pendant les analyses ?

.....

Heures de récréation et temps de midi :

Heure						
Nbre enfant ?						
Fenêtre ouverte ?						
Porte ouverte ?						
CO ₂						
T°						
HR						
Pt rosée						

HUMIDITE PAROIS : %

T° PAROIS : °C

CO : ppm

RADON : Moyenne : Bq/m³

Min : Bq/m³

Max : Bq/m³

FORMALDEHYDE : interscan : ppb cartouche : ppb

N° CARTOUCHE COV : Résultat COV total : µg/m³

ACARIENS :

Endroit				
Résultat				

MOISSISSURES	Endroit du prélèvement			
contact				
scotch				

SUSPICION AMIANTE

non

oui

Si oui, prélèvement à quel endroit ?

PLOMB :

Analyse peinture détériorée

négatif

positif

Analyse de l'eau

négatif

positif

COMMENTAIRES/RECOMMANDATIONS pour la classe maternelle

CLASSE PRIMAIRE - ANALYSES & RESULTATS DES MESURES

N° Réf. : | _ | _ |

Type de cours pendant les analyses ?

.....

Heures de récréation et temps de midi :

Heure						
Nbre enfant ?						
Fenêtre ouverte ?						
Porte ouverte ?						
CO₂						
T°						
HR						
Pt rosée						

HUMIDITE PAROIS : %

T° PAROIS : °C

CO : ppm

RADON : Moyenne : Bq/m³

Min : Bq/m³

Max : Bq/m³

FORMALDEHYDE : interscan : ppb cartouche : ppb

N° CARTOUCHE COV : Résultat COV total : µg/m³

ACARIENS :

Endroit			
Résultat			

MOISSISSURES	Endroit du prélèvement		
contact			
scotch			

SUSPICION AMIANTE

non

oui

Si oui, prélèvement à quel endroit ?

PLOMB :

Analyse peinture détériorée

négatif

positif

Analyse de l'eau

négatif

positif

COMMENTAIRES/RECOMMANDATIONS pour la classe primaire