



# QUALITE DE L'AIR DANS LES ECOLES :

## EMERGENCE D'UNE PRIORITE DE SANTE PUBLIQUE

### RESUME

*La qualité de l'air intérieur dans les écoles fait l'objet d'une attention particulière depuis plusieurs années déjà dans les pays nord-américains et européens. La croissance des allergies et affections respiratoires chez les enfants a incité à la mise en place d'études visant à approfondir la connaissance des expositions dans les différents micro-environnements parmi lesquels on compte les écoles et crèches. Ces travaux ont conduit à l'élaboration de guides de gestion. En France, l'état des lieux des connaissances disponibles réalisé à l'occasion du colloque du 4 juillet 2005<sup>(1)</sup> a montré que l'on disposait déjà de données intéressantes, pleinement cohérentes avec les résultats des travaux étrangers. Toutes ces études mettent en évidence des niveaux de concentrations intérieures dans les écoles non négligeables, associés à une ventilation insuffisante. Elles soulignent le besoin de poursuivre les recherches et la nécessité d'entreprendre, en parallèle, des actions de gestion et de sensibilisation.*

d'écoles et des parents d'élèves, et ont publié des guides de gestion visant à garantir un air intérieur sain dans les écoles. En France, la manifestation de troubles de santé non spécifiques (maux de tête, nausées, vertiges...) dans des écoles ces dernières années a conduit à s'interroger sur la possible contribution de la qualité de l'air intérieur. Parallèlement, les études françaises menées sur le sujet ont mis en évidence des niveaux de pollution intérieure dans les écoles non négligeables et des systèmes de ventilation souvent défectueux, voire inexistant. Ce constat a motivé le réseau RSEIN à organiser une journée scientifique sur ce thème le 4 juillet 2005 pour faire le point sur les connaissances françaises disponibles et inviter des chercheurs étrangers à présenter leurs travaux et les actions de gestion mises en œuvre dans leur pays. Cette journée qui s'est tenue au Ministère de l'écologie et du développement durable a accueilli quelques 200 personnes attestant de l'intérêt porté à la thématique.

### INTRODUCTION

La veille scientifique menée par le réseau RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur, depuis 2001 a permis de recenser de nombreux travaux de recherche relatifs à la qualité de l'air intérieur dans les écoles, menés dans les pays nord-américains et européens. Parmi les études disponibles, certaines soulignent notamment la baisse des capacités d'apprentissage et un absentéisme manifeste liés à une qualité de l'air intérieur dégradée. Parallèlement, ces pays mènent des actions de sensibilisation des gestionnaires, des professeurs

### I- SPECIFICITES DE LA PROBLEMATIQUE

La qualité de l'air intérieur dans les écoles constitue une problématique tout à fait spécifique. Les composés détectés n'y sont pas nécessairement différents de ceux présents dans les autres environnements clos. En revanche, les concentrations peuvent y être plus élevées du fait, par exemple, de la présence de plus de mobilier ou bien de l'utilisation quotidienne de fournitures scolaires (colles, feutres, peintures...) et de produits d'entretien. Par ailleurs, à surface égale, on estime que les écoles présentent, en général, quatre fois plus

<sup>1</sup>. INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, corinne.mandin@ineris.fr

(1) « Qualité de l'air intérieur dans les écoles », colloque organisé par le réseau RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur, en partenariat avec l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, grâce à un financement de l'ADEME. Les actes sont téléchargeables en intégralité sur le site web : <http://rsein.ineris.fr>

d'occupants que les bureaux, ce qui influence nécessairement l'environnement intérieur, ne serait-ce que par l'augmentation de l'humidité relative. Paradoxalement, les dispositifs de ventilation sont soit inadaptés (du fait, parfois, des modifications rapides des structures pour faire face à l'augmentation du nombre d'élèves), soit mal entretenus (les élèves étant moins enclins à se plaindre que les salariés de bureaux en cas de dysfonctionnement), soit inexistantes (si seule une ventilation par ouvrant est alors possible, celle-ci n'est parfois pas effective pour des raisons de sécurité et/ou d'économie d'énergie). Enfin et surtout, les écoles sont occupées par une population sensible, les jeunes enfants, ce qui confère à la problématique une dimension toute particulière.

## II - DE QUELLES DONNEES DISPOSE-T-ON ?

### 1 - Biocontamination dans les écoles

Le plus grand nombre de publications traite de la biocontamination des écoles (MANDIN, 2005). Ces études, pour la plupart scandinaves, s'attachent à :

- décrire les niveaux de contamination en moisissures (flore fongique totale ou teneurs en ergostérol, marqueur de la biomasse fongique, ou en  $\leq$  -1,3-glucane, composant de la paroi cellulaire des champignons), bactéries (concentrations en acide muramique, indicateur des bactéries totales, ou bien en endotoxines, constituants de la membrane des bactéries à Gram négatif), allergènes d'acariens, allergènes d'animaux domestiques ;
- identifier les facteurs déterminant les niveaux de biocontamination (ventilation, chauffage, type de revêtement de sol, situation géographique, matériaux de construction, présence des occupants...). Il ressort que le mode de ventilation, les problèmes d'humidité et la saison, associés au taux d'occupation et à l'activité des occupants sont les principaux déterminants de la qualité microbiologique de l'air à l'intérieur des écoles ;
- étudier la relation entre biocontaminants et santé des enfants ou des enseignants. Les études sur les relations entre les traces visibles d'humidité ou de champignons dans les salles de classes et les symptômes habituels des bâtiments malsains (irritation des yeux et de la gorge, difficulté de concentration, mal de tête et vertige) ne sont pas concordantes. Il semble en revanche que les dommages d'humidité dans les classes augmentent significativement l'incidence des symptômes respiratoires chez l'enfant. Les effets sanitaires mis en évidence touchent plus particulièrement les asthmatiques et/ou les allergiques ;
- évaluer les effets des mesures correctives : des études montrent qu'après des travaux de rénovation d'écoles endommagées par l'humidité, les bronchites, les conjonctivites, les symptômes de rhinites allergiques et la somme des épisodes d'infection respiratoire diminuent significativement, chez les enfants et les enseignants.

### 2 - Pollution chimique

S'agissant de la pollution chimique, les données sont plus disparates et souvent limitées à un très faible nombre d'écoles (MANDIN, 2005). Les concentrations en oxydes d'azote et benzène sont souvent étroitement associées à la présence d'un axe de circulation ou d'une gare routière à proximité. Par ailleurs, on note des concentrations en composés organiques volatils (COV) et aldéhydes/cétones supérieures à celles pouvant être généralement mesurées dans les bureaux et logements. Les concentrations en formaldéhyde sont associées à la présence de mobilier scolaire en bois aggloméré, et celles des COV, comme les terpènes, à l'usage de produits de nettoyage.

Les composés organiques semi-volatils, comme les pesticides, les esters de phtalate, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les polychlorobiphényles... ont été très rarement mesurés dans les écoles. On compte quelques études américaines et allemandes. Ces dernières se penchent plus particulièrement sur la contamination de l'environnement intérieur par les polychlorobiphényles. Largement utilisés dans les années 1970 dans les constructions (pour assurer colmatage et étanchéité), interdits ensuite avant 1980, ils s'avèrent être aujourd'hui toujours présents dans l'air et les poussières intérieurs et préoccupent les acteurs de santé publique.

Concernant la pollution particulaire, celle-ci est tout aussi complexe que pour les logements, à savoir qu'elle dépend directement des sources propres aux salles de classe (craie, remise en suspension par exemple), de la perméabilité des bâtiments et des dispositifs de ventilation existants. D'après des travaux américains, l'école ne serait pas un micro-environnement contribuant de façon déterminante aux expositions aux PM10 : les expositions personnelles des enfants seraient directement corrélées aux concentrations intérieures mesurées dans le logement, où le temps passé y est plus long et les sources d'émissions de poussières plus nombreuses.

En l'état actuel des données disponibles, il apparaît difficile de procéder à une hiérarchisation des facteurs de risque chimique et de conduire des évaluations de risque sanitaire liées aux expositions des enfants à l'école.

### 3 - Ventilation, santé et performance scolaire

Un certain nombre de travaux rapporte peu de données descriptives des niveaux de concentrations intérieures dans les écoles, mais s'intéresse directement aux corrélations entre des températures ou des taux de CO<sub>2</sub> (indicateur de confinement) élevés et la diminution des capacités scolaires. La performance scolaire est évaluée au travers d'exercices de logique, de lecture et de calcul, ou bien via le suivi des notes, ou encore à partir de l'observation des comportements des élèves par les professeurs. Ainsi, même si globalement, au regard des travaux conduits dans les immeubles de bureaux, peu d'études ont été produites sur l'impact de la ventilation dans les écoles sur la santé respiratoire des élèves, elles sont néanmoins toutes convergentes et positives. Il en ressort que des températures élevées ou de faibles débits d'air extrait peuvent être significativement corrélés à une performance scolaire diminuée (MENDELL, 2005).

### III - LES ETUDES FRANÇAISES

Les études françaises que l'on aurait pu croire *a priori* insuffisantes se révèlent finalement dans la lignée des travaux conduits dans les autres pays européens en termes de nombre d'écoles investiguées et de paramètres suivis.

Le **Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris** (LHVP) a été l'un des premiers organismes à avoir conduit des études de qualité de l'air intérieur dans les écoles. 10 écoles parisiennes (6 primaires et 4 maternelles, représentant 16 classes) ont été investiguées en 1990 et 1991 (LAURENT, 1993). Les polluants mesurés étaient les particules, les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, l'ammoniac, les composés organiques volatils et les aldéhydes. Ces études ont montré la contribution nette de la pollution extérieure, ainsi qu'une pollution bien spécifique liée au mobilier, aux produits d'entretien et à l'utilisation de feutres, marqueurs, colles et produits effaceurs.

Plus récemment, en mai/juin 2001, l'**Observatoire de la qualité de l'air intérieur** a conduit une campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans 9 écoles (16 classes) situées en Alsace, en Nord-Pas de Calais et à Aix/Marseille (KIRCHNER, 2002). Le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils, les aldéhydes, les allergènes, les bactéries à Gram négatif, les endotoxines, les moisissures, l'ergostérol et les fibres minérales artificielles ont été mesurés. Du fait de la faible taille de l'échantillon, il est difficile d'établir des corrélations statistiques entre les concentrations mesurées d'une part, et les typologies des classes et habitudes des occupants d'autre part. Cependant, les concentrations en COV seraient reliées à la ventilation, aux revêtements peints et à la présence d'une route/gare routière à moins de 500 m, tandis que les concentrations en moisissures et endotoxines le seraient avec le type de vitrage (simple, double ou ancien), l'humidité relative (pour les moisissures) et la moquette (pour les endotoxines). Enfin, deux autres études du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) sont intéressantes à signaler. La première d'entre elles a été menée dans 6 classes de 3 écoles de l'Est parisien en juin 1999, octobre 1999 et janvier/février 2000 (RIBERON, 2000). S'agissant de la seconde, elle s'est en réalité limitée à la phase préparatoire d'une étude épidémiologique de grande ampleur sur les effets sanitaires des taux de ventilation. En effet, sur les 11 établissements ayant fait l'objet d'une visite préliminaire, aucun d'entre eux ne présentait les renouvellements d'air réglementaires dans les salles de classe (15 m<sup>3</sup>/h/pers selon le Règlement sanitaire départemental type), les débits maxima observés dans l'échantillon étant de 10 m<sup>3</sup>/h/pers (KIRCHNER, 2004).

Les premières études françaises ayant mis en évidence des concentrations significatives en formaldéhyde, et suite au classement de ce dernier comme cancérigène certain chez l'homme par le Centre de recherche sur le cancer (CIRC) en juin 2004 (précédemment classé cancérigène probable), l'**Association pour la surveillance de la qualité de l'air en Alsace** (ASPA) a conduit, à la demande de la Communauté urbaine de Strasbourg, une étude de grande ampleur durant l'hiver 2004/2005 dans 111 écoles et 33 locaux

d'accueil de la petite enfance, soit 384 salles de classes et 142 salles Petite Enfance (ASPA, 2005). L'étude a mis en évidence une très grande variabilité des concentrations intérieures de formaldéhyde au sein même des écoles. Des tendances positives, non statistiquement significatives, ont été dégagées entre les teneurs intérieures en formaldéhyde et la présence de mobilier âgé de plus de 10 ans, de boiseries sur les murs et les plafonds et d'un revêtement lino-plastique.

Si le mobilier et les autres sources intérieures déterminent significativement la qualité de l'air intérieur des salles de classe, la pollution extérieure a également une influence notable. Le Laboratoire d'études des phénomènes de transfert appliqués au bâtiment (LEPTAB), Université de La Rochelle, a conduit une étude de 1999 à 2002 dans 8 écoles de l'agglomération rochelaise en partenariat avec ATMO Poitou Charentes. Les objectifs de cette étude étaient précisément de compléter les connaissances sur la relation entre pollution atmosphérique extérieure et pollution à l'intérieur des écoles. Les polluants mesurés étaient les particules, les oxydes d'azote, l'ozone et le dioxyde de carbone. Un outil de prédiction de ces transferts a été développé (BLONDEAU, 2005).

S'agissant plus précisément des liens avec la santé des enfants, l'**Institut national de la santé et de la recherche médicale** (INSERM) a réalisé entre mars 1999 et décembre 2000 des mesures d'oxydes d'azote, de particules, d'ozone et de formaldéhyde dans 108 écoles (soit 401 classes) de 6 villes françaises (Strasbourg, Reims, Créteil, Bordeaux, Clermont-Ferrand et Marseille) dans le cadre de l'étude internationale ISAAC<sup>(2)</sup> visant à identifier les causes environnementales de l'asthme. Cette étude, de par sa puissance statistique, devrait fournir prochainement des éléments hautement intéressants quant aux déterminants de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et aux effets potentiels sur la santé, respiratoire notamment, des écoliers.

Par ailleurs, dans un contexte quelque peu différent qui n'est plus celui de la recherche *stricto sensu*, l'**INERIS** a été sollicité régulièrement depuis 2001 pour conduire des expertises de la qualité de l'air intérieur dans des établissements scolaires où étaient apparus des troubles sanitaires potentiellement liés à des polluants de l'air intérieur (troubles du type maux de tête, nausées, vomissements, irritations des muqueuses...). Dans chacun de ces cas, ont été mesurés les composés organiques volatils et les aldéhydes/cétones. Les études ont permis d'envisager des causes potentielles des effets décrits chez les élèves et leurs professeurs : rénovation récente de certaines pièces combinée à une température excessive et une absence de ventilation ; dégradation de la colle du revêtement de sol liée à des inondations successives ou décomposition de la laine de verre sous le toit conduisant à des émissions de formaldéhyde (MANDIN, 2003 ; MEININGHAUS, 2003).

Enfin, l'environnement intérieur considéré au sens large du terme (chaleur, bruit, lumière...) a également toute son importance pour garantir un cadre d'apprentissage satisfaisant. Le **consultant Pierre BARLES**, en partenariat avec l'ADEME, a conduit des expertises dans 9 crèches de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Des diagnostics

(2) : ISAAC :  
International Study  
of Asthma and  
Allergies in  
Childhood.

approfondis des systèmes de ventilation et de chauffage ont été réalisés. Les conclusions corroborent les constats déjà établis quant aux lacunes existant dans le domaine de la ventilation et les marges de progrès possibles.

Si ces travaux abordent tous le rôle de la ventilation et que cette dernière a largement été mise en avant lors du colloque du 4 juillet 2005 (un exposé non évoqué précédemment a présenté le guide « Ventilation dans les écoles » publié par le CETIAT, Centre technique des industries aérodynamiques et thermiques), les sources de pollution intérieure dans les écoles sont paradoxalement nettement moins abordées, alors que leur réduction constitue également une voie d'amélioration possible de la qualité de l'air intérieur. Par ailleurs, les contaminations biologiques (moisissures et allergènes notamment), largement étudiées et rapportées dans la littérature scientifique internationale, ont été très peu abordées le 4 juillet 2005. Quelques études françaises sont néanmoins disponibles : le lecteur est invité à consulter leur compilation exhaustive réalisée par Mosqueron et al. (MOSQUERON, 2001 ; MOSQUERON, 2004).

## D'IMPORTANTES PERSPECTIVES DE RECHERCHE ET DE GESTION

En conclusion, la qualité de l'environnement intérieur, et plus particulièrement la qualité de l'air intérieur dans les écoles, constituent une thématique à part entière. Ceci nécessite la poursuite des efforts de recherche. En effet, si les études disponibles fournissent d'ores et déjà de premiers enseignements, il apparaît indispensable d'approfondir les connaissances pour, d'une part, mieux identifier les déterminants de la qualité de l'air intérieur dans les écoles afin de mettre en œuvre des actions de gestion adéquates, donc efficaces, et d'autre part, mieux cerner la contribution du milieu « école » aux expositions des enfants, et ainsi à leur santé et leur réussite scolaire. Dans l'immédiat, des mesures de gestion pour lutter contre l'humidité et améliorer la ventilation, par exemple, ainsi que des actions de sensibilisation des services techniques des collectivités et des professeurs d'écoles, peuvent d'ores et déjà être entreprises. La journée scientifique du 4 juillet 2005 a permis de faire le point des données françaises disponibles et de poser les bases d'une réflexion qui va se poursuivre dans les prochains mois et dont les actions concrètes sont déjà initiées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASPA (2005), *Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés*, 39 pages. <http://www.atmoalsace.net/>
- BLONDEAU P., POUPARD O., IORDACHE V. et al. (2005), "Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools", *Indoor Air* 15(1), 2-12.
- KIRCHNER S., PASQUIER N., GAUVIN S. et al. (2002), *Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, Rapport Exécutif, De la phase préparatoire aux premiers résultats de l'étude pilote*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- KIRCHNER S., RAMALHO O., RIBERON J. et al. (2004), *Impact énergétique et sanitaire du renouvellement d'air dans 2 écoles primaires - rapport final - Convention ADEME/CSTB N° 0304C0139*, Rapport CSTB N° DDD/SB-2004-38.
- LAURENT A.M., LE MOULLEC Y. (1993), "Chemical characterization of indoor air quality inside schools in Paris", *Proceedings of Indoor Air'93*, Helsinki, Finlande, Juillet 1993, 3, p.23-28.
- MANDIN C., KIRCHNER S., NEDELLEC V. et al. (2005) « Qualité de l'air dans les écoles, ventilation et santé », *Pollution Atmosphérique* N°185.
- MANDIN C. (2003), "Use of a sensory irritation potential index to characterize improvement of indoor air quality in French schools by ventilation", *Proceedings 7th Healthy Buildings International Conference*, Singapore, 7-11 December 2003.
- MEININGHAUS R., KOUNIALI A., MANDIN C. et al. (2003) "Risk assessment of sensory irritants in indoor air - a case study in a French school". *Environment International*, Vol. 28, pp 553-557.
- MENDELL M.J., HEATH G.A. (2005), "Do indoor pollutants and thermal comfort conditions in schools influence student performance ? A critical review of the literature », *Indoor Air* 15, p.27-52.
- MOSQUERON L., NEDELLEC V., (2001), *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments*, Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur. 173p.
- MOSQUERON L., NEDELLEC V., (2004), *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation sur la période 2001-2004*, Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur. 61p.
- RIBERON J., DERANGERE D., KIRCHNER S. et al. (2000), *Étude de la qualité de l'air dans les locaux d'enseignement*, Rapport Final CSTB/EDF ENEA/CVA-00.148R, 58p.

