

ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR, QUALITÉ DE L'AIR ET SANTÉ

Ventilation dans les logements, les écoles et les crèches

Ventilation in french dwellings, schools and day-care centres

Jacques RIBÉRON*, Mickaël DERBEZ*

Résumé

L'article décrit les situations réelles de ventilation des habitations, écoles et crèches en France, telles qu'elles ont été observées *in situ* ainsi que leurs impacts sur la qualité de l'air intérieur de ces espaces. La moitié du parc des logements a été construite avant 1967. 35 % des logements sont équipés de VMC et 34,5 % de ventilation naturelle par grilles ou par conduits. Le comportement de l'occupant joue un rôle déterminant sur la ventilation : l'ouverture des fenêtres et la perméabilité à l'air sont les postes prépondérants du renouvellement d'air par rapport aux systèmes de ventilation tels qu'ils sont mis en œuvre. La moitié du parc des écoles a été construite avant 1970 ; alors que la moitié du parc des crèches, après 1995. 85 % des écoles sont dépourvues de systèmes de ventilation, alors que 49 % des crèches ont une VMC. Les niveaux de confinement de l'air dans les écoles et les crèches sont préoccupants dans 1 salle sur 5, traduisant ainsi des conditions d'aération insuffisantes. Les crèches sont moins confinées (1 salle sur 20) que les écoles élémentaires (1 salle sur 3).

Mots-clés

Ventilation. Confinement. Logements. Écoles. Crèches. Renouvellement d'air. Pollution air intérieur.

Abstract

The paper describes the actual conditions of ventilation of French dwellings, schools and day-care centres, as were observed *in situ*. Their impacts on indoor air quality of the built environment are also presented. Half the housing stock was built before 1967. 35% are equipped with mechanical ventilation system and 34.5% with natural ventilation system (grilles or passive stack ventilation). The occupant behaviour plays a key role on ventilation: windows opening and building air leakage play an important part in air renewal rate unlike ventilation system as they are implemented. Half the school stock was built before 1970, while half the day-care centre stock, after 1995. 85% of schools have no mechanical ventilation system, while 49% of day-care centres have one. The air stuffiness levels of schools and day-care centres are critical in one room out of five reflecting very poor ventilation conditions. The day-care centres are less stuffy (one room out of twenty) than the elementary schools (one out of three).

Keywords

Ventilation. Air stuffiness. Dwellings. Schools. Day-care centres. Air renewal. Indoor air pollution.

* Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), jacques.riberon@cstb.fr, mickael.derbez@cstb.fr

Introduction

Nous sommes tous exposés aux polluants présents à l'intérieur des espaces clos. Les problèmes de santé liés à cette pollution sont multiples avec des manifestations cliniques très diverses : symptômes d'irritations, nausées, céphalées, pathologies respiratoires, neurologiques, cardiovasculaires, jusqu'au développement de certains cancers. Un grand nombre de polluants de natures très différentes (physiques, chimiques, microbiologiques) et de provenances multiples sont présents à l'intérieur des bâtiments ; citons, à titre d'exemple et de manière non exhaustive, les polluants liés à la présence et aux activités humaines, à la présence d'animaux domestiques, aux matériaux de construction et de décoration, au mobilier et, bien sûr, les polluants présents à l'extérieur des bâtiments (air et sol). Les substances polluantes peuvent être similaires d'un lieu de vie à l'autre mais l'intensité de pollution est différente en fonction de la spécificité des activités selon les lieux : utilisation importante de colles, encres et peintures dans les écoles, pollution liée à la cuisson dans l'habitat...

La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments passe par la maîtrise des sources de pollution, mais également par une gestion correcte de l'air au sein de ces bâtiments. Les conditions d'aération à l'intérieur d'un espace clos sont parmi les principaux facteurs déterminants de l'hygiène de l'homme, de son confort et de son bien-être. Elles ont un effet direct sur l'individu par la qualité de l'air respiré et un effet indirect par leur influence sur la température de l'air intérieur et des parois, ainsi que sur le taux d'humidité de l'air intérieur.

Le présent article traite de la ventilation et de la qualité de l'air dans les logements, les écoles et les crèches. Après une présentation de la problématique, des principes de ventilation et de la nature des systèmes, sont présentées les situations réelles de ventilation et d'aération, telles qu'elles ont été observées *in situ* ainsi que leurs impacts sur la qualité de l'air intérieur de ces espaces.

Principes de ventilation et systèmes

L'aération est au service de trois fonctions :

- le maintien de la qualité de l'air grâce au remplacement de l'air vicié par de l'air extérieur dit « neuf », supposé exempt de polluants. On parle ici d'aération d'hygiène ;
- le maintien d'un confort thermique d'été, en favorisant les échanges thermiques convectifs et évaporatifs. On parle ici d'aération de confort ;
- la préservation du bâti et des revêtements intérieurs, en évitant la détérioration due à la condensation de la vapeur d'eau et en évitant le développement des moisissures. On parle ici d'aération d'entretien.

Historiquement, la ventilation dans l'habitat est régie par deux grands principes :

- la ventilation par pièces séparées ;
- la ventilation par balayage.

Dans le principe de l'aération par pièces séparées (figure 1), l'entrée de l'air et l'évacuation de l'air s'effectuent dans la même pièce, soit par un orifice de grande dimension (ouvrant), soit par deux orifices en façade (entrées d'air haute et basse), soit par un orifice en façade et un conduit à tirage naturel, soit par un système double flux pièce par pièce (soufflage et extraction mécanique au sein de la même pièce). C'est le principe de ventilation des logements construits avant les années 70. Il s'applique également aux bâtiments autres que d'habitation, tels que les écoles et crèches lorsqu'elles sont dépourvues de systèmes spécifiques (aération par ouverture des fenêtres) ou équipées de double flux pièce par pièce.

Le principe de la ventilation générale par balayage (figure 2) a été instauré dans l'habitat dès 1969 par la réglementation relative à l'aération des logements (arrêté du 22 octobre 1969). Confirmé par l'arrêté du 24 mars 1982, ce principe de ventilation est toujours en vigueur à ce jour. Le principe du balayage consiste à introduire naturellement ou mécaniquement de l'air neuf dans les pièces principales du logement (séjour, chambres) et à extraire naturellement ou mécaniquement l'air vicié dans les pièces de service (cuisine, salles de bains, WC). Dans les années 70, on admettait communément que les pièces de service étaient plus polluées que les pièces de vie, ainsi ce principe offrait l'avantage d'assurer le transfert de l'air des pièces les moins polluées vers les pièces les plus polluées. Deuxième avantage : ce principe du balayage, en utilisant le même air extérieur successivement pour ventiler les pièces de vie et les pièces de service, permet de limiter les débits d'air et ainsi économiser l'énergie nécessaire au chauffage de l'air de ventilation. En revanche, compte tenu des faibles différences de pression régnant entre les pièces d'un logement (quelques pascals), ce principe peut facilement être mis en défaut car il est très sensible à des paramètres tels que le tirage thermique, le vent, les ouvertures de portes intérieures [1].

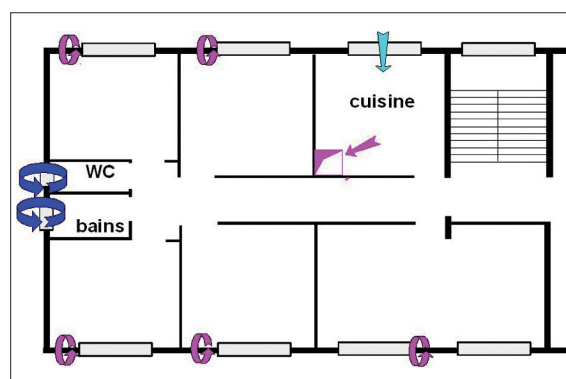


Figure 1.
Principe de la ventilation par pièces séparées : illustration à l'habitat.

Single-sided ventilation process:
example for dwelling.

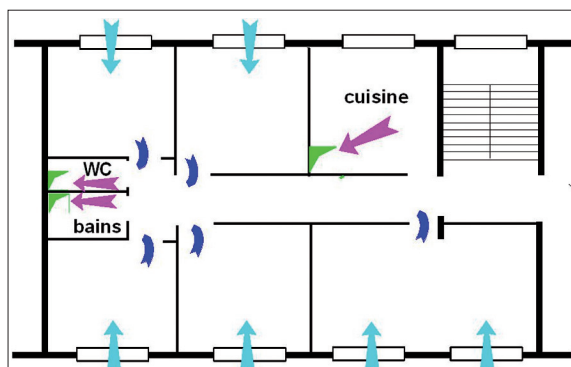


Figure 2.
Principe de la ventilation par balayage :
illustration à l'habitat.

Internal-cross ventilation process:
example for dwelling.

Ce principe du balayage s'applique également aux bâtiments autres que d'habitation avec un cheminement de l'air des « locaux d'entrée » (salles d'activité, salles de classe) vers les « locaux de sortie » (sanitaires, salles de change, cuisines) via les « locaux intermédiaires » (couloirs, entrées). De nombreux systèmes de ventilation utilisés dans les bâtiments font appel à ce principe : la ventilation par conduits à tirage naturel, la ventilation mécanique contrôlée par extraction, la ventilation double flux.

La ventilation par balayage partiel est un principe hybride entre la ventilation générale par balayage et la ventilation par pièces séparées. Elle s'applique sous certaines conditions dans l'habitat individuel : pièces de vie et cuisine ventilées par balayage, WC et salle de bains par pièces séparées (ouverture des fenêtres). Ce principe hybride offre une moins bonne maîtrise des transferts d'air dans le bâtiment.

Outre des exigences d'hygiène, l'aération des bâtiments doit satisfaire à des exigences de confort acoustique, de sécurité, d'économie d'énergie et de respect de l'environnement. Elle doit être telle que le système de ventilation proprement dit ne soit pas en contradiction avec les objectifs fixés. Aussi les systèmes de ventilation peuvent, s'ils ne sont pas correctement conçus, dimensionnés, mis en œuvre ou entretenus, générer courants d'air, bruit, pollution et être sources de déperditions énergétiques excessives.

État de la ventilation dans les logements français

Dispositifs d'aération selon les périodes de construction

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a dressé un état des situations d'aération dans le parc de logements français, à partir des données collectées dans le cadre d'une campagne nationale sur la qualité de l'air intérieur et ses origines, menée entre 2003 et 2005 dans un échantillon de 567 logements représentatif du parc des 25 millions de

résidences principales en France continentale métropolitaine [2]. Celles-ci sont issues de mesures (concentration en CO_2 , débit d'air extrait aux bouches de ventilation, température, humidité relative) et de questionnaires descriptifs (bâtiment, équipement, occupants), comportementaux (ouverture des fenêtres et portes, intervention sur les équipements, etc.).

Les concentrations en CO_2 d'origine métabolique qualifient le niveau de confinement de l'air intérieur des pièces et ont été utilisées pour construire deux indicateurs du renouvellement de l'air. Le premier – R_{An} – est le débit de renouvellement d'air nocturne équivalent de la chambre principale du logement ; le second – TRA – est le taux de renouvellement d'air hebdomadaire du logement.

R_{An} est calculé à partir de la moyenne des 60 plus grandes valeurs de CO_2 mesurées sur la semaine entre 1 h et 5 h 10 du matin et de la production métabolique des occupants pour une activité de sommeil. Ce débit, exprimé en m^3/h , prend en compte toutes les situations d'ouverture de portes et de fenêtres ; on le qualifie de débit équivalent car une ouverture de la porte de la chambre n'assure pas que l'air renouvelé soit neuf.

Le second indicateur TRA vise à fournir une information sur le taux de renouvellement d'air de l'ensemble du logement à l'échelle de la semaine. Les débits de renouvellement d'air diurne et nocturne sont d'abord calculés à partir des niveaux de CO_2 et des productions métaboliques de l'ensemble du ménage selon l'occupation, puis rapportés au volume considéré comme affecté par la mesure du CO_2 . Si la porte de la chambre est fermée, ce volume est celui de la chambre, sinon il est défini au prorata de la taille du logement. Finalement, le taux de renouvellement d'air hebdomadaire TRA, exprimé en vol/h , est la moyenne pondérée des taux de renouvellement d'air diurne et nocturne.

Les constats effectués montrent que le parc de logements est ancien. La moitié des logements a été construite avant 1967, donc avant les réglementations instaurant le principe de la ventilation générale et permanente. 21,4 % des logements n'ont aucun dispositif de ventilation, 9,1 % des logements sont équipés en ventilation partielle (moteurs de ventilation dans quelques pièces), 34,5 % en ventilation naturelle (par grilles ou par conduits) et 35 % en ventilation mécanique contrôlée (VMC). La VMC double flux ne représente que 1,1 % du parc [3].

La ventilation naturelle équipe des logements anciens et/ou réhabilités. Depuis 1990, elle a quasiment disparu des constructions neuves, mais elle est encore présente dans 41 % des logements collectifs contre 29 % des logements individuels. La VMC est répartie de manière homogène entre les logements individuels et collectifs (35,7 % et 34 % respectivement). Environ 8 % des logements construits avant 1968 ont été réhabilités en installant une VMC. Enfin, près de 18 % des logements construits entre 1975 et 1989, et 12 % des logements construits entre 1990 et 2003, ne sont pas conformes aux réglementations en

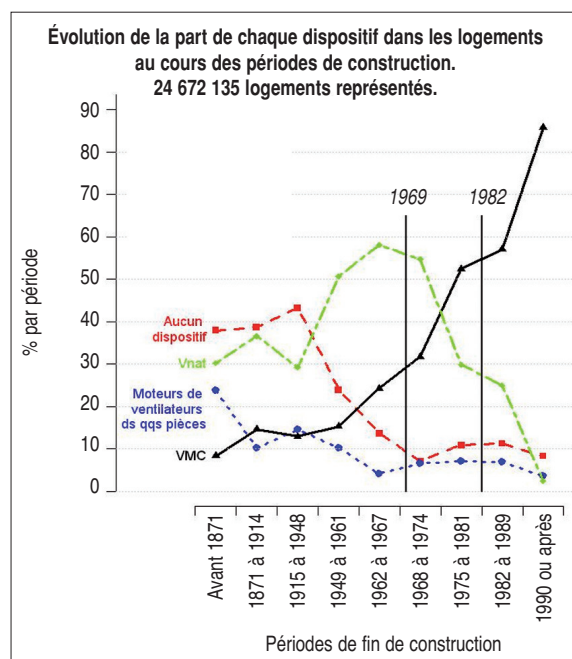


Figure 3.

Évolution de la part des dispositifs d'aération dans les logements selon les périodes de construction.

Change in part of ventilation systems installed in the stock of dwellings according to the building age period.

vigueur de 1969 et de 1982, car ils ne disposent d'aucun système ou sont équipés en ventilation partielle (figure 3).

Renouvellement d'air dans les logements français

Produit par la respiration des occupants d'une pièce, le dioxyde de carbone (CO_2) est utilisé comme un indicateur du confinement de l'air intérieur. La mesure du CO_2 permet une approche indirecte des conditions d'aération dans les chambres, qui sont les pièces du logement où on passe le plus de temps. 37,5 % des logements présentent des niveaux supérieurs à 1 500 ppm de CO_2 dans la chambre.

L'évaluation du débit de renouvellement d'air R_{An} dans la chambre est proche des exigences réglementaires de 18 m^3/h à l'échelle du parc. Ce même débit est cependant de 10 m^3/h si les portes ou les fenêtres restent fermées. À l'instar du renouvellement d'air nocturne, le taux de renouvellement d'air hebdomadaire du logement (TRA) est variable d'un logement à l'autre. La médiane est située à 0,5 vol/h. Un quart des logements présente un taux de renouvellement d'air inférieur à 0,3 vol/h et les trois quarts des logements ont un taux inférieur à 0,9 vol/h.

Dans tous les cas, le comportement des occupants joue un rôle déterminant dans le renouvellement d'air des logements grâce à l'ouverture régulière des portes et fenêtres, y compris en période de chauffage (figure 4). L'ouverture des fenêtres est quasi systématique hors période de chauffage : 94 % des occupants déclarent ainsi ouvrir en général la fenêtre de la chambre plus d'une demi-heure par jour. Durant la

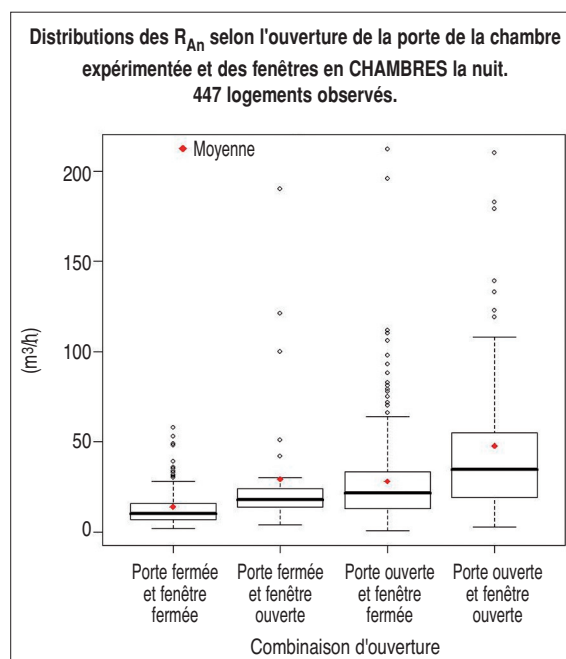


Figure 4.

Impact de l'ouverture des fenêtres et des portes sur le renouvellement d'air nocturne (toute saison).

Night air flow rate (m^3/h) in bedrooms according to the windows and doors opening.

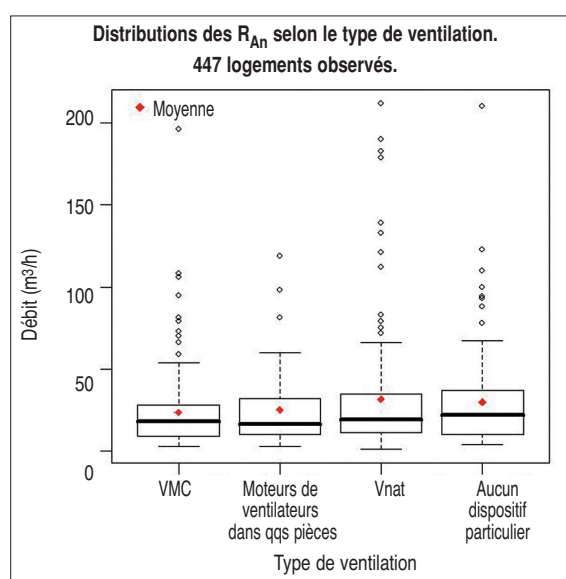


Figure 5.

Renouvellement d'air nocturne des chambres selon le dispositif d'aération.

Night air flow rate (m^3/h) in bedrooms according to the ventilation system.

période de chauffe, l'ouverture reste importante : 49 % des personnes déclarent ouvrir en général la fenêtre de la chambre plus d'une demi-heure par jour.

À l'échelle du parc, les différents systèmes de ventilation et la présence ou l'absence de dispositifs particuliers d'aération amènent à des débits de renouvellement d'air nocturne dans les chambres (R_{An}) identiques, y compris en tenant compte de la période de chauffe (figure 5). À l'instar du renouvellement

d'air nocturne, on ne note pas de différences significatives sur les niveaux de taux de renouvellement d'air hebdomadaire du logement (TRA) selon les systèmes, tels qu'ils ont été observés en situation dans cette campagne nationale. L'ouverture des fenêtres et la perméabilité à l'air sont les postes prépondérants du renouvellement d'air par rapport aux systèmes de ventilation tels qu'ils sont actuellement mis en œuvre.

Dans les logements construits après 1982, la dispersion des débits de renouvellement d'air nocturne équivalent de la chambre (R_{AN}) est moins grande, montrant un meilleur contrôle de la ventilation. Ces situations sont cependant associées aux débits de renouvellement les plus faibles, en lien avec les exigences plus contraignantes de la réglementation. Dans les logements équipés de VMC, les débits d'air mesurés aux bouches d'extraction sont très variables d'un logement à l'autre. La comparaison de ces débits extraits avec des valeurs de référence réglementaire montre que 56 % des logements ont un débit inférieur à la valeur réglementaire. Le taux de non-conformité est variable selon l'âge de la construction : les logements construits entre 1969 et 1982 ont un pourcentage de débits inférieurs à la référence plus important (77 %) que ceux construits après 1982 ou réhabilités

(49 %). Les logements plus récents ont une moindre dispersion des débits extraits grâce aux systèmes mécanisés, mais leurs fréquents dysfonctionnements limitent fortement leur fiabilité.

Ventilation et pollution de l'air dans les logements

En moyenne, le renouvellement de l'air du logement joue un rôle essentiel sur la diminution des concentrations pour la quasi-totalité des polluants mesurés. La relation n'est toutefois pas identique d'un logement et d'un polluant à l'autre [4]. Les logements dont l'air est fortement renouvelé présentent une probabilité plus faible d'avoir des niveaux de concentrations élevés (figure 6). La ventilation ne peut cependant conduire, à elle seule, à l'élimination des pollutions ; la maîtrise des polluants à la source est nécessaire.

L'état de fonctionnement des systèmes de ventilation (état des bouches, débit d'extraction, etc.) est un des facteurs associés à la diminution des niveaux de pollution, alors que le type de système proprement dit (ventilation naturelle, mécanique, sans système) ne

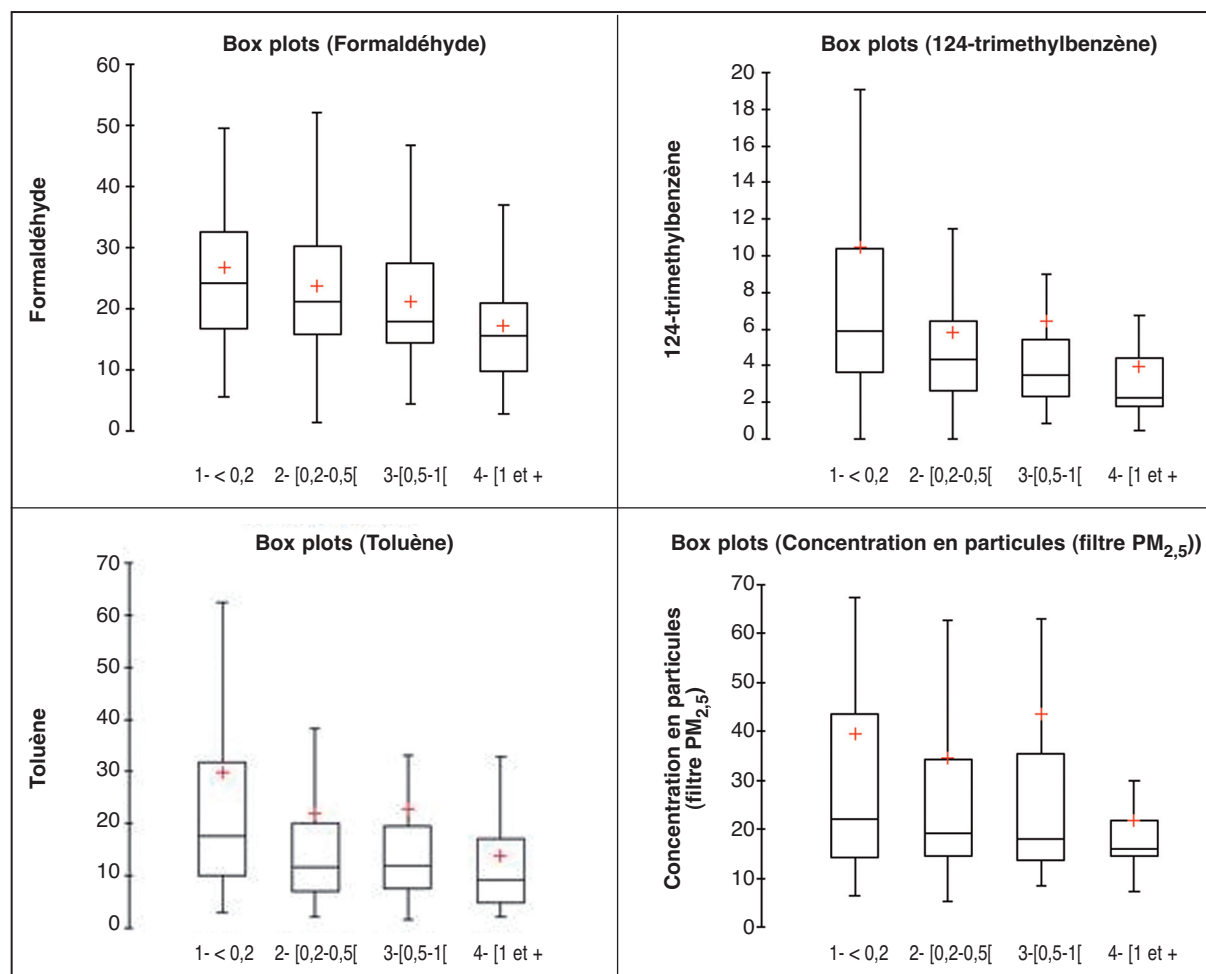


Figure 6.
Concentrations intérieures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) selon les niveaux de renouvellement d'air des logements.
Indoor concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) according to the level of weekly air change rate of dwellings.

semble avoir aucun impact dans les situations rencontrées dans le parc. Ainsi, les systèmes de ventilation, dans l'état où ils ont été observés, n'apparaissent pas comme avoir un rôle notable dans l'explication des variations des niveaux de pollution. En revanche, les variables taux de renouvellement d'air, ouverture des fenêtres et présence de bouches sont les plus explicatives des niveaux de pollution.

Les pratiques d'aération dans les écoles et dans les crèches

Le parc des bâtiments à usage d'enseignement du premier degré se composait, à la rentrée scolaire 2010, de 53 798 établissements accueillant 6 664 300 enfants : 16 189 écoles maternelles et 37 609 écoles élémentaires pour des effectifs respectifs de 2 539 100 et 4 125 200 enfants [5]. Le nombre d'écoles – tant maternelles qu'élémentaires – continue de baisser d'année en année, alors que la population scolarisée augmente.

Fin 2009, on dénombrait 10 565 établissements d'accueil collectif (crèches collectives, haltes-garderies, jardins d'enfants, structures multi-accueil) et familial (crèches familiales) des enfants. Ces structures d'accueil proposent 352 738 places, soit 10 035 places de plus qu'en 2008. Environ 83 % de l'ensemble des places relèvent de l'accueil collectif et 17 % de l'accueil familial. Le nombre d'établissements d'accueil de la petite enfance est en continue progression depuis 2005, surtout celui des structures multi-accueil (taux de croissance annuel moyen de + 9,9 %), tandis que celui des structures mono-accueil diminue (taux annuel de - 4,4 %) [6]. Les établissements multi-accueil représentent 57 % de l'ensemble des capacités d'accueil collectif des jeunes enfants. Les capacités d'accueil sont diversement réparties sur le territoire : l'Île-de-France et le Sud de la France offrent un nombre de places en accueil collectif et familial supérieur à la moyenne nationale, contrairement à l'essentiel de la moitié nord de la France. À l'inverse, l'offre des assistantes maternelles est plus développée dans les départements faiblement pourvus en places d'accueil collectif et familial, surtout dans la moitié nord et le centre de la France.

L'OQAI a réalisé une enquête descriptive nationale sur les écoles et crèches et leurs pratiques d'aération [7]. L'enquête a été réalisée à l'aide d'auto-questionnaires auprès d'un échantillon représentatif de 700 écoles et crèches (plus de 1 600 enseignants et personnels de crèches enquêtés). Il en ressort que les bâtiments scolaires sont anciens, les lieux d'accueil de la petite enfance, plus récents : la moitié du parc des écoles a été construite avant 1970, alors que la moitié du parc de crèches a été construite après 1995 et le tiers après 2000. Les écoles ont davantage fait l'objet de travaux de rénovation récents que les crèches.

85 % des écoles ne disposent d'aucun système spécifique de ventilation, l'aération s'effectuant alors par ouverture de fenêtres ou portes. 15 % des écoles

ont au moins 1 salle de classe équipée d'une VMC et 5 % des écoles seulement ont toutes leurs salles équipées. Les systèmes mécaniques installés sont très majoritairement des systèmes VMC par extraction, la part de double flux ne représentant pas plus de 12 % des installations mécaniques. Les systèmes mécaniques sont présents dans les écoles, quel que soit l'âge de la construction (45 % des écoles avec système de ventilation ont été construites avant 1969), mais sont plus fréquents dans les écoles construites après 1989.

49 % des crèches disposent de VMC, donc plus de la moitié sont aérées par ouvrants. Parmi les systèmes de ventilation mécanique, le simple flux par extraction est le plus utilisé (2/3), le double flux représentant 17 %. La moitié des crèches équipées de VMC ont été construites après 2000.

En hiver, la grande majorité du personnel aère les salles en ouvrant les fenêtres, en moyenne pendant 30 minutes par jour, que la salle soit ou non équipée d'une VMC. L'aération est occasionnelle dans 56 % des écoles, souvent effectuée pendant la récréation, à midi, en fin de cours, le matin avant le cours et, plus rarement, pendant les cours. Elle est en revanche plus fréquente dans les crèches (83 %) avec une aération le matin, durant la journée et le soir, en l'absence ou en présence des enfants. On aère aussi en ouvrant les portes intérieures dans les écoles, et les portes intérieures et extérieures dans les crèches. On ouvre peu les fenêtres en hiver ; avant tout, à cause des courants d'air. La deuxième raison de ne pas aérer évoquée par le personnel en charge des enfants, est liée à la préoccupation énergétique (surtout dans les écoles). La troisième raison est qu'on n'en éprouve pas le besoin.

Face à cette mauvaise perception des besoins d'aération, le CSTB a développé un appareil, nommé LUM'AIR®, qui permet de visualiser le niveau de confinement de l'air intérieur des pièces et aider les occupants à gérer les ouvertures de fenêtres (photo 1). Il repose sur la mesure en continu des concentrations en CO₂. Il a deux fonctions complémentaires :

- la mesure de l'état de confinement de l'air en faisant appel à un indice ICONÉ, selon une note allant de 0 à 5 ;
- la détection instantanée du confinement, visualisée par des feux tricolores permettant aux personnes en charge des enfants de mieux gérer les ouvertures de fenêtres et de portes, assurant ainsi une meilleure qualité de l'air tout en tenant compte de la problématique d'économie d'énergie.

Une note ICONÉ de 0 correspond à un confinement nul et une note de 5 à un confinement extrême.

L'OQAI a conduit une étude d'intervention dans des lieux d'enseignement et d'accueil de la petite enfance, tous dépourvus de système de ventilation, pour tester l'efficacité de cet indicateur de confinement de l'air, déceler de nouveaux comportements et évaluer en parallèle l'incidence de l'ouverture des ouvrants sur les niveaux de pollution intérieure, les



Photo 1.

LUM'AIR® : appareil dédié à la mesure et à la gestion du confinement de l'air dans les écoles et dans les crèches.

LUM'AIR®: Apparatus dedicated to the air stuffiness measurement and control in schools and day-care centres.

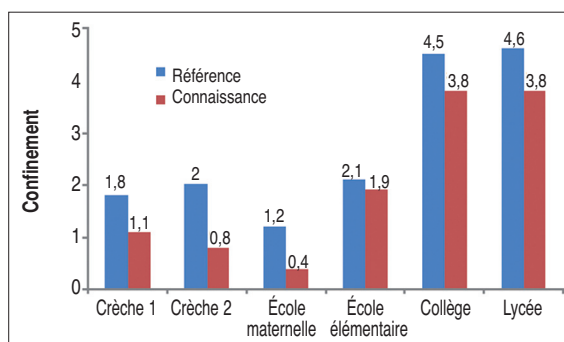


Figure 7.

Comparaison des notes de confinement dans l'ensemble des bâtiments expérimentés.

Air stuffiness index according the two phases for each investigated building.

Tableau 1.

Niveaux de confinement dans les écoles et crèches expérimentées durant la campagne pilote de la surveillance de la qualité de l'air.

Distribution of the air stuffiness index for 930 classrooms or activity rooms investigated.

Bâtiments	Confinement nul à moyen (ICONE = 1 0,1 ou 2)	Confinement élevé (ICONE = 3)	Confinement très élevé à extrême (ICONE = 4 ou 5)
Global	50 %	30 %	20 %
Crèches	75 %	20 %	5 %
Écoles maternelles	70 %	20 %	10 %
Écoles élémentaires	33 %	33 %	33 %

confort des occupants et les consommations d'énergie [8]. L'expérimentation se déroulait en deux phases :

- une phase de « référence » avant l'installation de l'indicateur lumineux ;
- une phase de « connaissance » du confinement de l'air après l'installation de l'indicateur.

Des consignes d'ouverture de fenêtres et de portes étaient données aux personnels selon la couleur du voyant lumineux de l'appareil.

L'indicateur de confinement a montré son efficacité et s'avère être un bon outil pédagogique : dans tous les cas, le fait de connaître le niveau de confinement de la salle, grâce à l'indicateur lumineux, s'est traduit systématiquement par un changement de comportement des responsables, vis-à-vis de l'aération par les fenêtres et les portes intérieures (figure 7). Des stratégies très variées d'aération ont été adoptées selon les bâtiments : ouverture seule des fenêtres, ouverture seule des portes intérieures, ou combinaison des deux. Certaines personnes faisaient appel à une seule stratégie d'ouverture ; d'autres en utilisaient deux : une lorsque les salles étaient occupées et une autre pendant les récréations. Les modifications de comportement d'aération se sont accompagnées,

pour certains polluants de l'air intérieur, par une diminution systématique des niveaux de concentrations. Pour d'autres, comme les particules, l'aération a favorisé le transfert de la pollution extérieure vers l'intérieur.

Par ailleurs, en préparation de la surveillance de la qualité de l'air dans certains lieux clos recevant du public sensible, une campagne pilote a été conduite au niveau national, entre 2009 et 2011, dans 310 écoles et crèches, et a permis d'évaluer le niveau de confinement de l'air intérieur des salles de classe et d'activités [9]. Cette dernière a permis de mieux connaître les conditions réelles de confinement d'air dans les écoles et crèches [9]. Des mesures de confinement ont été réalisées dans près de 930 pièces et ont montré que, globalement, dans la moitié des salles, le confinement est acceptable (cf. tableau 1). Toutefois, dans 1 salle sur 5, la situation de confinement est préoccupante. Selon la nature des bâtiments, les niveaux de confinement sont très variés. Les crèches sont moins confinées que les écoles élémentaires. Ceci peut s'expliquer, à la fois par des conditions de ventilation plus favorables (aération plus fréquente et plus importante), mais aussi par des densités d'occupation plus faibles.

La ventilation : une situation amenée à fortement évoluer demain

À l'instar de l'état de la pollution dans les logements, les situations d'aération des logements sont contrastées. La grande majorité des logements ont des conditions de ventilation satisfaisantes, mais pour un quart du parc, les taux de renouvellement d'air sont faibles (inférieurs à 0,3 vol/h). Le constat effectué sur les bâtiments expérimentés entre 2003 et 2005 porte sur un parc ancien en pleine évolution à l'heure où les enjeux des économies d'énergie vont profondément modifier les enveloppes et les systèmes des bâtiments. La performance énergétique va passer par un renforcement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments neufs et existants. Par ailleurs, l'aération par ouverture des fenêtres va devenir plus délicate pour satisfaire les exigences de confort thermique dans des bâtiments très performants en énergie.

En conséquence, le poids des systèmes de ventilation sera crucial pour l'obtention des conditions d'aération satisfaisantes en termes de qualité de l'air, de sécurité et de confort. De plus, le bon équilibre entre qualité d'air et performance énergétique nécessite une bonne gestion de l'air en fonction des besoins. Il faudra pour cela une meilleure maîtrise de la conception, du dimensionnement, de la mise en œuvre et de l'entretien des systèmes de ventilation qui devront par ailleurs être plus fiables et plus robustes.

La question d'un débit de ventilation « juste », c'est-à-dire adapté à la charge de pollution, notamment au regard des comportements réels des usagers, est cruciale. Trop souvent, du fait que la ventilation ne répond pas aux besoins, l'occupant ressent la nécessité d'agir sur ses moyens d'aération, balançant

inexorablement d'une situation de sous-ventilation à une situation de surventilation sans jamais satisfaire de manière optimale les exigences d'hygiène et de confort et de maîtrise de l'énergie.

Le même constat peut également être fait dans les écoles et crèches, bâtiments encore moins équipés de systèmes de ventilation que l'habitat et dans lesquels des renouvellements d'air inadéquats, souvent mis en évidence après des modifications de l'enveloppe du bâtiment, ont un impact sur la santé et l'apprentissage des enfants. Les actions pédagogiques construites autour d'outils comme le LUM'AIR® montrent que les comportements vis-à-vis de l'aération dans ces bâtiments peuvent changer. On peut là aussi s'attendre à une profonde métamorphose de la ventilation des écoles et des crèches d'ici quelques années, notamment avec le lancement de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air de ces lieux de vie, prévu pour 2012.

Remerciements

Les travaux présentés ont été effectués dans le cadre de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur financé par les ministères en charge du logement, de l'environnement et de la santé, ainsi que le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Les auteurs remercient également le ministère en charge de l'écologie pour son soutien financier à l'étude pilote de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches.

Références

- [1] Koffi J., Ribéron J., Huserndorf A. *et al.* Experimental study of pollutant transfer within dwellings. *Proceedings of 10th International Conference Roomvent*, 2007 ; 13-15 June. 9 p.
- [2] Kirchner S. (dir.). *Qualité d'air intérieur, qualité de vie : 10 ans de recherche pour mieux respirer*. CSTB Éditions, Paris 2011 : 210 p.
- [3] Lucas J.-P., Ramalho O., Kirchner S., Ribéron J. État de la ventilation dans le parc de logements français. Rapport CSTB-OQAI DESE/SB-2009-037 ; Juin : 82 p.
- [4] Lucas J.-P., Ramalho O., Kirchner S., Ribéron J. Ventilation et pollution de l'air dans les logements. Rapport CSTB-OQAI ESE/Santé-2010-054 ; Août : 161 p.
- [5] RERS, Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche. Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche, septembre 2011, 426 p.
- [6] Bailleau G., Borderies F. L'offre d'accueil des enfants de moins de 3 ans. DREES, Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques. *Études et résultats* ; n° 763 ; juin 2011, 8 p.
- [7] Guillemin M.-T., Gallien J., Ezannic J. *et al.* Étude descriptive nationale sur les écoles et les crèches et leurs pratiques d'aération. Rapport CSTB-OQAI ESE-SB/ 2011-113 ; mars : 145 p.
- [8] Derbez M., Ribéron J., Pignon C. *et al.* Étude d'intervention sur l'aération par ouverture des fenêtres dans les lieux d'enseignement et d'accueil de la petite enfance. Rapport CSTB-OQAI ESE-SB ; avril 2010 : 178 p.
- [9] Michelot N., Mandin C., Ramalho O. *et al.* Campagne pilote nationale de la surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches. Résultats de la première phase. *Pollution Atmosphérique* ; n° 211 ; juillet-septembre, p. 267-79.