

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Facteurs influençant la performance des systèmes de ventilation dans les grands bâtiments

Shaw, C. Y.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40002910>

Solution constructive; no. 33, 1999-12-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=d890815e-6e71-4a82-a41d-af8ef32399f1>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=d890815e-6e71-4a82-a41d-af8ef32399f1>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Facteurs influençant la performance des systèmes de ventilation dans les grands bâtiments

par *C.Y. Shaw*

Cet article présente une analyse des résultats de la recherche menée par l'IRC sur certains facteurs clés qui ont une incidence sur la performance des systèmes de ventilation installés dans les grands bâtiments. Il traite des effets de ces facteurs et aboutit sur des lignes directrices pour que ces systèmes fonctionnent efficacement.

La qualité de l'air intérieur dans les grands bâtiments commerciaux et résidentiels est toujours une priorité pour les propriétaires, les concepteurs, les gestionnaires et les occupants. Les grands bâtiments, qui ne sont pas couverts dans la partie 9 du Code national du bâtiment, constituent à ce sujet un défi plus important que les maisons et les petits bâtiments. Défi d'autant plus grand aujourd'hui que l'on utilise dans ces bâtiments de nouveaux matériaux, meubles, produits et procédés, sources potentielles de contamination.

Il existe trois stratégies possibles pour obtenir une qualité de l'air intérieur acceptable : la ventilation, le contrôle à la source et la filtration/épuration de l'air. Suivant le bâtiment et les caractéristiques spécifiques de son emplacement, ces différentes stratégies peuvent être mises en oeuvre de façon individuelle ou en combinaison.

La ventilation consiste à fournir un apport d'air extérieur dans un espace fermé et à expulser l'air vicié de cet espace. Cette technique permet de contrôler la qualité de l'air intérieur en le diluant d'une part avec de l'air extérieur moins contaminé, et en retirant d'autre part les agents contaminants intérieurs avec l'air évacué.

Le contrôle à la source fait référence à l'utilisation de matériaux de construction et de meubles écologiques (du bois naturel par exemple), ainsi que des revêtements de sol, peintures, adhésifs et produits de nettoyage à faible taux d'émissivité. La fonction principale du contrôle à la source est de conserver le niveau de contamination de l'air intérieur aussi bas que possible en réduisant l'utilisation de matériaux et de produits susceptibles d'émanations gazeuses (ex. : composés chimiques émissifs).

L'épuration de l'air consiste à appliquer des techniques de filtration pour supprimer les agents contaminants de l'air ventilé (air extérieur) et de l'air intérieur. Elle est essentielle pour les bâtiments situés dans les centres urbains ou à proximité d'installations industrielles pour lesquels la qualité de l'air extérieur est parfois pire que celle de l'air intérieur.

La stratégie la plus souvent utilisée et, dans bien des cas, la seule possible pour les exploitants d'immeubles est la ventilation. Une ventilation mécanique coûte cher car il faut chauffer l'air extérieur en hiver et le refroidir en été. Pour faire des économies d'énergie, le système de ventilation doit être le plus efficace possible. C'est là où plusieurs facteurs interviennent.

Performance des systèmes de ventilation et consommation d'énergie

Les facteurs principaux ayant une incidence sur la performance et l'efficacité énergétique d'un système de ventilation sont les suivants :

- Distribution de l'air
- Fuite d'air
- Évacuation locale

Distribution de l'air

Idéalement, toutes les parties occupées dans un bâtiment devraient être pourvues d'une ventilation appropriée. Ce n'est pas toujours le cas, notamment dans les bâtiments résidentiels, comme le montre une étude menée par l'IRC il y a quelques années dans un immeuble d'habitation de cinq étages.

L'air ventilé dans l'immeuble alimentait les couloirs. Le concept était le suivant : la ventilation de chacun des logements se faisait grâce à la pressurisation des couloirs. Des ventilateurs d'extraction installés dans la salle de bains et de la cuisine de chaque logement facilitaient l'approvisionnement d'air ventilé en diminuant les pressions internes.

Outre les ventilateurs, les vents et/ou la température agissent sur les pressions régnant dans les logements. Les vents qui soufflent autour et sur un immeuble entraînent des variations de pression autour de ce dernier. Les pressions positives se manifestant sur le côté exposé au vent augmentent les pressions des logements

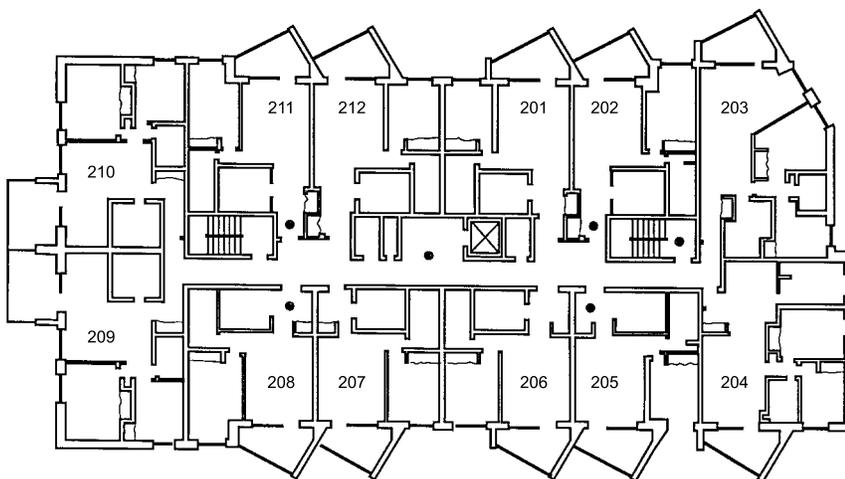


Figure 1. Plan d'étage type

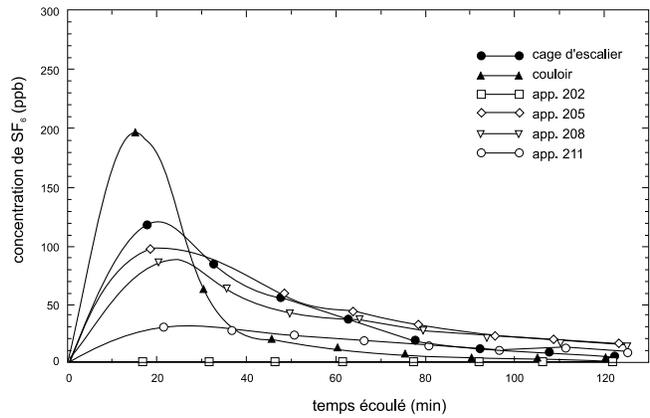


Figure 2. Distribution de l'air extérieur au deuxième étage (conditions hivernales)

situés sur ce même côté de l'immeuble, tandis que les pressions négatives du côté abrité diminuent celles des logements du côté en question. Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur, et donc les différences de densité de l'air, entraînent également des variations de pression de part et d'autre de l'enveloppe du bâtiment. C'est ce que l'on appelle l'effet de cheminée. Lorsque la température intérieure est supérieure à la température extérieure, les pressions dans les appartements augmentent aux étages inférieurs et diminuent aux étages supérieurs. Les changements de pression dans les logements à cause des vents, de la température ou des deux peuvent avoir des conséquences importantes sur le mouvement de l'air ventilé.

Cette étude fut conduite en hiver afin d'évaluer les conséquences maximales de l'effet de cheminée à l'aide de la méthode du gaz de dépistage, laquelle requiert l'injection d'une petite quantité de gaz, SF₆, inoffensif dans la conduite d'amenée. Des échantillons d'air ont été pris à six

endroits, à chaque étage, pour mesurer les concentrations de gaz de dépistage (figure 1). Toute détection de gaz aux endroits de prélèvement prouvait que l'air du système de ventilation arrivait bien jusque là.

Immédiatement après l'injection du gaz de dépistage dans le système de ventilation, les concentrations ont été relevées dans cinq des six stations d'échantillonnage (figure 2). La concentration était plus élevée aux logements 208 et 205, suivis par le 211. Peu ou pas de gaz ne fut relevé au logement 202. Ces faits tendent à prouver que les logements situés d'un côté du

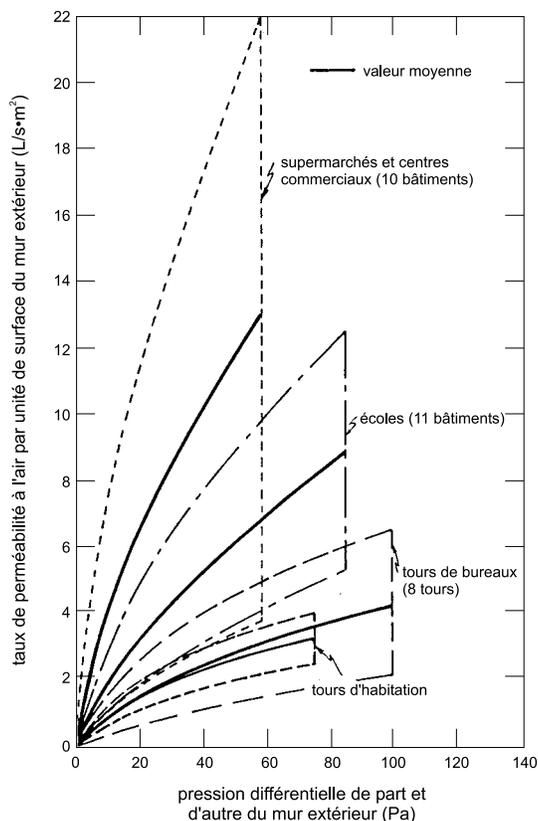


Figure 3. Mesures de l'étanchéité à l'air dans différents types de bâtiments

couloir étaient beaucoup plus ventilés que prévu dans la conception du bâtiment. Les logements situés de l'autre côté (représentés par le 202) ont été peu ou pas ventilés car les pressions étaient assez élevées pour empêcher l'air d'entrer par le couloir.

Il semble donc que ces logements ne bénéficiaient d'une ventilation que par le biais des fuites d'air (voir discussion ci-après). Comme l'air ventilé doit être

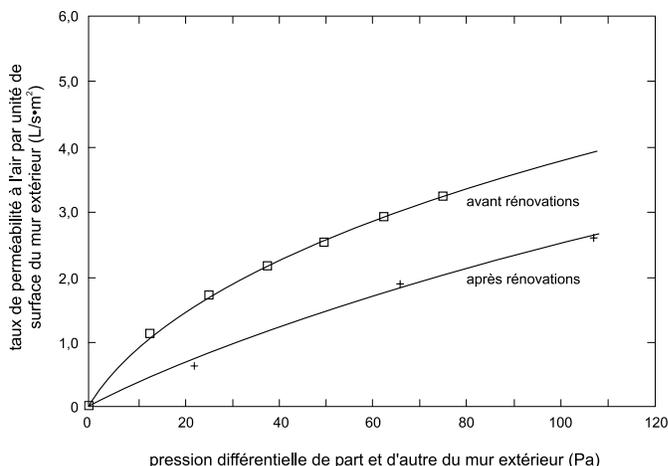


Figure 4. Mesures de l'étanchéité à l'air dans un immeuble de bureaux après rénovations

préchauffé en hiver, les logements de ce type demandent davantage d'énergie pour chauffer ces fuites d'air. Leurs occupants, confrontés à des courants d'air froid, seraient obligés pour leur confort de régler le thermostat à une température plus élevée et donc d'augmenter leur consommation d'énergie.

Fuites d'air

Une fuite d'air est une infiltration d'air au travers de l'enveloppe du bâtiment. Sa quantité dépend du niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment et de la différence de pression de part et d'autre de cette enveloppe, créée principalement par les vents et les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Les bâtiments présentant des fuites d'air coûtent plus cher à chauffer et sont plus difficiles à ventiler de façon adéquate que les bâtiments relativement étanches à l'air. La figure 3 montre des relevés d'étanchéité à l'air effectués il y a environ 25 ans dans différents types de bâtiments, dont huit immeubles de bureaux. Cinq d'entre eux ont été à nouveau testés 20 ans plus tard afin de déterminer si les valeurs de l'étanchéité à l'air avaient changé. Un de ces bâtiments a présenté une augmentation de 40 % de son étanchéité à l'air, due à de récentes rénovations (figure 4). Les chiffres enregistrés en matière de consommation d'énergie pendant ces trois mêmes mois d'hiver, avant et après les rénovations, ont montré que ces 40 % d'amélioration de l'étanchéité à l'air se sont traduits par une économie des dépenses d'énergie de 11 %. Ces données prouvent que les concepteurs et les propriétaires tirent un avantage indéniable à connaître le niveau réel d'étanchéité à l'air de leur bâtiment.

Les courants d'air froid sont généralement des signes de fuites d'air. Le cas échéant, une obturation des fissures et des ouvertures dans les murs extérieurs et autour des fenêtres améliorera l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Source de contamination/Ventilation locale

Si des sources importantes de contamination sont présentes dans un bâtiment et que les occupants s'en plaignent, le gérant du bâtiment en question peut être enclin à augmenter le taux de ventilation de façon à accélérer le processus de dilution. Une étude de l'IRC a prouvé qu'une telle

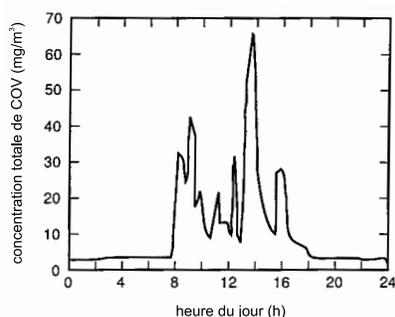


Figure 5. Concentration totale de COV dans un local abritant des photocopieuses

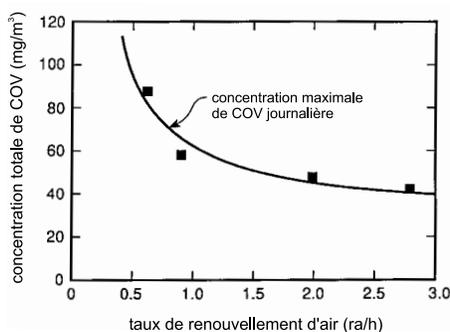


Figure 6. Capacité de dilution de l'air ventilé

stratégie est rarement efficace, même lorsque la consommation d'énergie ne représente pas une préoccupation majeure.

L'étude s'est déroulée dans un local abritant plusieurs photocopieuses, local dont les employés se plaignaient de la piètre qualité de l'air intérieur. Pour cette étude, des échantillons d'air furent prélevés au cours de la journée. Les résultats ont montré que deux pics importants, indiquant de hautes concentrations de composés organiques volatils (COV), se produisaient à 9 h et à 14 h, correspondant exactement aux périodes où l'on faisait le plus fonctionner les photocopieuses (voir figure 5).

Pour déterminer si une ventilation seule pouvait éliminer ce problème de pollution, le taux de renouvellement d'air par heure dans le bâtiment fut multiplié par 6, passant de 0,5 à 3. Cette action permit de diminuer le niveau de COV de 50 %, le faisant passer de 90 p.p. 10^6 à 45 p.p. 10^6 (figure 6). Cependant, même réduit, ce niveau dépassait largement les concentrations entre 0,1 et 5 mg/m^3 trouvées dans 200 échantillons prélevés par les chercheurs de l'IRC dans les immeubles résidentiels et les immeubles de bureaux canadiens. L'étude a donc prouvé qu'une ventilation seule ne permet pas d'obtenir une QAI acceptable dès lors qu'une source de contamination est

présente. Il est nécessaire de supprimer les agents contaminants à la source par une évacuation locale et d'utiliser la ventilation pour finir d'améliorer la qualité de l'air. Dans le cas d'une source de contamination identifiable telle qu'une photocopieuse, le conduit d'évacuation de la photocopieuse doit être directement raccordé à l'extérieur.

Contrôle de ventilation éconergétique

L'American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) recommande des taux de renouvellement d'air dans les bâtiments en fonction du nombre maximum d'occupants. Pour des bâtiments qui ne sont généralement occupés que pendant certaines périodes, des bureaux, par exemple, qui ne sont occupés que pendant la journée, le taux de renouvellement de l'air pourrait être contrôlé en fonction du nombre d'occupants à un moment donné. Un système de ventilation contrôlé à la demande, avec le CO_2 généré par les occupants pour index de contrôle, est une des méthodes qui pourrait être utilisée dans les immeubles de bureaux.

Ventilation contrôlée à la demande en fonction du niveau de CO_2

Les études menées dans les immeubles de bureaux ont prouvé que les concentrations de CO_2 augmentent et diminuent en fonction du nombre d'occupants. Ainsi, il devrait être possible de contrôler les taux de renouvellement d'air en fonction des mesures de concentration en CO_2 .

Pour que cette méthode soit applicable comme méthode de contrôle du taux de renouvellement d'air dans un bâtiment, les trois conditions suivantes doivent être respectées :

- La concentration en CO_2 doit être proportionnelle au nombre réel des occupants à un moment donné.
- La concentration en CO_2 doit être la même à tous les étages et les jaugeurs de CO_2 doivent pouvoir être placés facilement aux endroits représentatifs.
- La concentration en CO_2 doit être proportionnelle au taux de renouvellement d'air du bâtiment.

Pour vérifier ces conditions, l'IRC a mené une étude dans une tour de bureaux de 22 étages dont le volume intérieur représentait approximativement 113 700 m^3 .

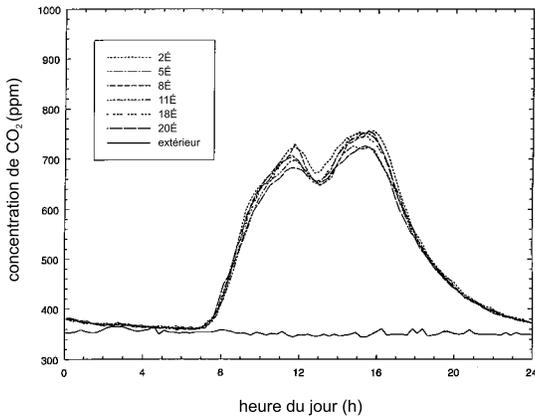


Figure 7. Concentrations types de CO₂ un jour de semaine, à différentes heures de la journée

Le bâtiment était équipé de sept systèmes de soufflage d'air à volume constant et deux systèmes de reprise d'air. Quatre des sept systèmes de soufflage approvisionnaient les parties intérieures des étages est et ouest. Les trois autres systèmes approvisionnaient le périmètre sud, l'est et la moitié est du périmètre nord ainsi que l'ouest et la moitié ouest du périmètre nord.

Les résultats illustrés dans la figure 7 confirment que la concentration en CO₂ varie en fonction du nombre des occupants. Elle est faible au cours de la nuit, commence à monter le matin lors de l'arrivée des employés et atteint son apogée aux environs de midi. Une baisse est notable à l'heure du déjeuner, puis la concentration remonte au moment où les employés reprennent le travail pour atteindre à nouveau un pic vers 16 h. Au fur et à mesure du départ des employés, la concentration chute de façon continue pour atteindre son niveau nocturne.

Sur tous les étages testés, la concentration de CO₂ mesurée à différents endroits correspondait étroitement avec la concentration mesurée au puits de reprise d'air du même étage, ce qui laisse penser que cette dernière mesure serait une bonne indication de la concentration de CO₂ pour l'étage entier.

Ensuite, une fois prouvé que les concentrations en CO₂ mesurées aux bouches de reprise de chaque étage étaient les mêmes d'un étage à l'autre, des mesures furent effectuées à la partie supérieure des deux

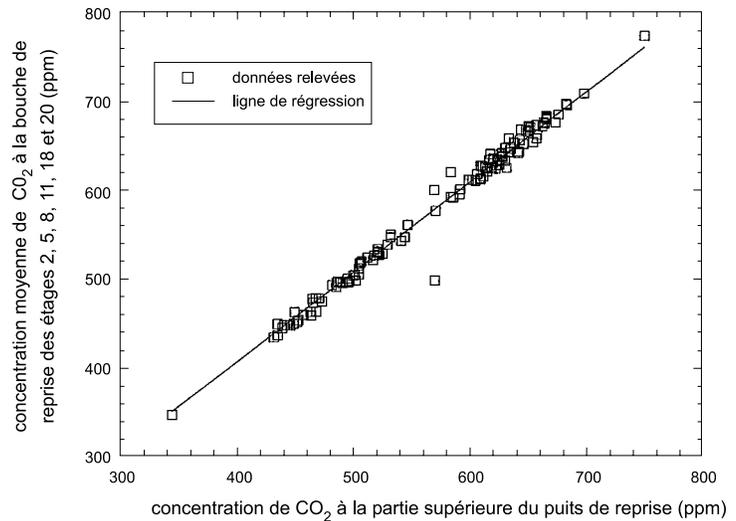


Figure 8. Comparaison entre les concentrations de CO₂ relevées à la partie supérieure des puits de reprise et celles mesurées aux bouches de reprise de chaque étage

puits de reprise principaux. La figure 8 illustre comment les mesures en haut des puits concordent (à 2 % près) avec les mesures effectuées aux bouches de reprise de chaque étage, et montre donc que ces mesures sont représentatives des concentrations en CO₂ dans l'ensemble du bâtiment. Les résultats indiquent que les parties supérieures des puits de reprise sont de bons endroits pour placer les jaugeurs de CO₂.

Enfin, la dernière phase de cette étude consistait à définir la relation entre la concentration mesurée de CO₂ et le taux de renouvellement d'air. La figure 9 indique les concentrations de CO₂ journalières

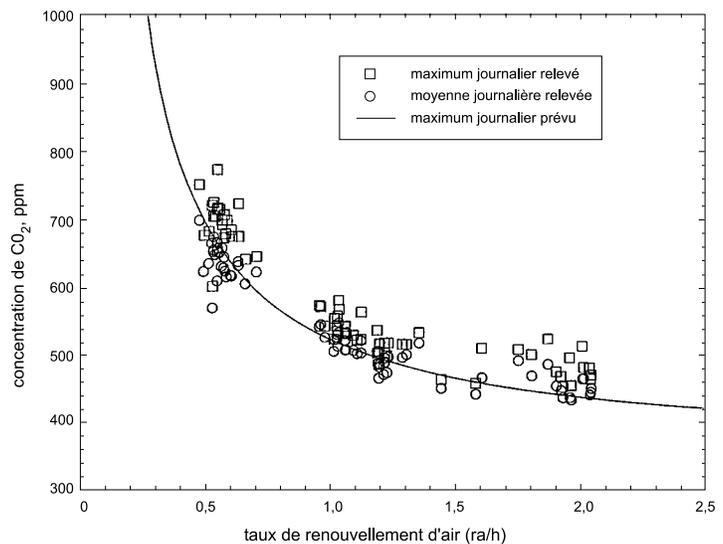


Figure 9. Comparaison entre les concentrations de CO₂ journalières maximales et moyennes à différents taux de renouvellement d'air

maximales et moyennes en fonction de différents taux de renouvellement d'air (taux de ventilation). Les résultats prouvent qu'il existe une proportionnalité certaine entre les deux. Cette relation peut ainsi servir de base pour contrôler le taux de ventilation d'un bâtiment.

Résumé

Les informations contenues dans cet article ont pour but d'aider les concepteurs, les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments à comprendre comment certains facteurs clés ont une incidence sur la performance et l'efficacité énergétique des systèmes de ventilation.

Si l'on améliore l'étanchéité à l'air des immeubles anciens, on réduit les fuites et les courants d'air et l'on améliore la performance des systèmes de ventilation, ce qui diminue la consommation d'énergie.

Pour réduire la consommation d'énergie, il est important d'éliminer le plus possible les sources de contamination en utilisant soit des produits, des matériaux et des meubles écologiques ou, si c'est possible, en évacuant les agents contaminants à la source. Ensuite, on ventilerait l'ensemble du bâtiment.

Dans le cas de bâtiments où le nombre des occupants varie considérablement en fonction de la période de la journée, comme dans le cas de bureaux ou d'écoles, on peut réduire encore davantage la consommation d'énergie en réglant le taux de ventilation en fonction du nombre réel d'occupants à un moment donné.

Références

1. Shaw, C.Y., « Une qualité de l'air acceptable dans les immeubles de bureaux, c'est possible grâce à la ventilation », *Solution constructive n° 3*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, Janvier 1997.
2. Shaw, C.Y., Magee, R.J., Shirliff, C.J. et Unligil, H., « Indoor air quality assessment in an office-library building: Part 1 - test methods and Part II - test results », *ASHRAE Transactions*, v.97, Pt.2, p. 129-145, 1991.
3. Shaw, C.Y., « Application of tracer gas techniques to ventilation and indoor air quality investigations », *Indoor Environment*, v.2, p.374-382, 1993.
4. Shaw, C.Y., Reardon, J.T., Said, M.N. et Magee, R.J., « Airflow patterns in a five-storey apartment building », *Proceedings*, 12^{ème} Conférence AIVC, Ottawa, septembre 1991.
5. Shaw, C.Y. et Reardon, J.T., « Changes in airtightness levels of six office buildings », *ASTM STP 1255*, p.47-57, 1995.
6. Reardon, J.T., Shaw, C.Y. et Vaculik, F., « Air change rates and carbon dioxide concentrations in a high-rise office building », *ASHRAE Transactions*, v.100, Pt.2, 1994.
7. Tsuchiya, Y., « Volatile organic compounds in indoor air », *Chemosphere*, v. 17, n° .1, p.79-82, 1988.

M. C.Y. Shaw, Ph.D., est agent de recherche supérieur pour le programme Environnement intérieur à l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada.

© 1999
Conseil national de recherches du Canada
Décembre 1999
ISSN 1206-1239