

#6490-FR

DOSSIER SUR LA VENTILATION

**Un recueil des résultats de projets
canadiens de recherche et
démonstration en ventilation**

RAPPORT FINAL

DOSSIER SUR LA VENTILATION

**Un recueil des résultats de projets
canadiens de recherche et
démonstration
en ventilation**

Rapport final

Rédigé pour la :

**Division de l'innovation dans l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Ottawa (Ontario)**

Rédigé par :

**Caneta Research, Inc.
Mississauga (Ontario)**

Avril 1992

DOSSIER SUR LA VENTILATION

**Un recueil des résultats de projets canadiens
de recherche et démonstration en ventilation**

Rapport final

Rédigé pour la :

**Division de la mise en oeuvre des projets
Société canadienne d'hypothèques et de
logement
Ottawa (Ontario)**

Rédigé par :

**Caneta Research, Inc.
Mississauga (Ontario)**

Avril 1992

NOTE: Also available in English under the title: Ventilation File:
A Compendium of Canadian Ventilation Research and Demonstration
Project Results: Final Report

TABLE DES MATIÈRES

ABRÉGÉ	iv
1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA	1 - 1
2. EXIGENCES DE VENTILATION	
Résumé	
Étanchéité à l'air	2 - 1
Ventilation et infiltration naturelles	
Ventilation par l'occupant et élimination des polluants	
Problèmes d'humidité et de condensation	
Exigences relatives à l'air de compensation	
Efficacité de la ventilation et de la distribution	
Codes et normes	
3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION	
Résumé	
Ventilateurs	3 - 1
Dispositifs d'air de compensation	
Commandes de ventilation	
Composantes des installations de ventilation	
Ventilateurs-récupérateurs de chaleur	
Matériel intégré de chauffage et de ventilation	
Normes de rendement du matériel	
4. INSTALLATIONS DE VENTILATION	
Résumé	
Extraction ponctuelle	4 - 1
Extraction centrale	
Ventilation équilibrée	
Alimentation seulement	
Mur dynamique	
Alimentation en air frais vers l'air de reprise	
Ventilation passive	
Ventilation des maisons en régions nordiques ou éloignées	
5. RÉFÉRENCES	

ABRÉGÉ

Le présent rapport regroupe les données publiées au Canada suite à des projets de recherche et de démonstration sur les exigences, le matériel et les installations de ventilation. Chacun de ces trois domaines est réparti selon des sujets précis permettant de passer en revue les résultats importants des recherches canadiennes. Le rapport vise à donner un aperçu de ces études, à tirer des conclusions et à formuler des recommandations pour l'avenir de la recherche, des transferts de technologie et des démonstrations.

**1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET
DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA**

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

INTRODUCTION

Le présent document a été rédigé afin de regrouper la masse de données publiées au Canada à la suite de projets de recherche et de démonstration sur les exigences, le matériel et les installations de ventilation.

Les dernières années ont vu se réaliser de nombreux projets de recherche et de démonstration en ventilation partout au Canada, dont quelques projets visant précisément à trouver comment satisfaire à la norme CSA F326 : Ventilation mécanique des habitations.

À l'heure actuelle, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est responsable de près de 50 % de tous les projets de ventilation en cours dans ce pays. Parmi les autres organismes engagés dans ce domaine, on retrouve Énergie, Mines et Ressources Canada, le Conseil national de recherches et le ministère des Affaires municipales de l'Alberta, pour n'en nommer que quelques-uns.

La SCHL, comme d'autres organismes, en est venue à la conclusion qu'il était temps de prendre du recul et de regrouper les résultats déjà obtenus dans les initiatives de recherche en ventilation. Ce regroupement permet d'atteindre plusieurs objectifs :

- donner au gouvernement et à l'industrie l'occasion de réexaminer les idées, les conceptions et les pratiques actuelles relativement aux exigences, au matériel, aux composantes et aux installations de ventilation;
- repérer les lacunes dans les connaissances et les techniques de la SCHL et des autres organismes de financement, afin de mettre en oeuvre des projets plus efficaces de recherche et de démonstration;

- faire mieux connaître les efforts de recherche consentis par les divers organismes de financement, et réduire la redondance au minimum;
- aider l'industrie ou les fabricants à s'orienter vers des gammes de produits convenant mieux aux besoins des constructeurs;
- donner aux constructeurs et aux concepteurs la possibilité de faire un choix bien renseigné de système de ventilation, en se basant sur des critères techniques et financiers;
- promouvoir, dans le public canadien et international, l'expertise, les connaissances et les innovations techniques que l'on retrouve en abondance au Canada dans le domaine de la ventilation.

Le contenu du présent document s'organise en trois grands sujets ou thèmes, décrits comme suit :

- **Exigences de ventilation.** Il s'agit des projets de recherche et de démonstration portant, par exemple, sur la quantité d'air frais ou d'air de ventilation nécessaire à la bonne santé des occupants; l'élimination des polluants; et les taux d'humidité ou d'air de compensation voulus pour éviter que la maison ne se dépressurise sous l'effet du fonctionnement d'appareils à extraction ou à combustion. Ce domaine recouvre également l'étanchéité à l'air des habitations et l'efficacité de la diffusion de l'air de ventilation, ainsi que les méthodes permettant de mesurer ces caractéristiques.
- **Matériel de ventilation et composantes.** Il s'agit de recherches sur la circulation de l'air et sur d'autres traits du rendement des ventilateurs d'extraction, des ventilateurs-récupérateurs de chaleur, et d'autres composantes comme les

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

conduits, les raccords et les pièces de fixation. Le matériel intégré de chauffage et de ventilation fait l'objet depuis peu d'efforts importants de recherche et développement.

- **Installations de ventilation.** Il est question de projets de recherche et de démonstration portant sur le rendement, les mérites relatifs et l'utilisation possible de quelques types d'installation de ventilation, entre autres : extraction ponctuelle, extraction centrale, ventilation équilibrée, alimentation seulement, alimentation en air frais vers la reprise d'air, mur dynamique et ventilation passive.

Le présent chapitre fait le bilan de la situation dans chacun des trois grands thèmes, en se basant sur les activités de recherche et de démonstration en ventilation au Canada. Chaque section expose les découvertes et les résultats importants. Le chapitre se termine sur des recommandations en vue de la recherche future, des transferts de technologie et des démonstrations.

Après avoir parcouru les 22 parties, ou sujets, du présent document, le lecteur plus sérieux pourra approfondir ses connaissances en lisant les ouvrages originaux dont on donne la liste au chapitre Références. Les auteurs du « Dossier sur la ventilation » ont passé en revue un total de 82 documents, ce qui donne une idée de l'envergure du présent travail. La SCHL et les auteurs connaissent également d'autres ouvrages qui, pour une raison ou une autre, n'ont pas pu être inclus dans la présente étude.

EXIGENCES DE VENTILATION

L'étanchéité à l'air des logements canadiens a augmenté de façon importante. En 1989, 70 % des maisons

étudiées dans le cadre d'une recherche [37] avaient des taux de fuite d'air naturelle de moins de 0,3 renouvellement d'air par heure.

Il semble y avoir une tendance à augmenter l'étanchéité à l'air dans les climats froids. On croit cette tendance liée à des préoccupations de confort et de coûts de fonctionnement. La fréquence plus grande des problèmes de pollution et d'humidité intérieures semble aussi être le résultat de l'augmentation de l'étanchéité à l'air des maisons canadiennes.

Bien que l'on ne puisse plus se fier à la ventilation naturelle pour fournir une qualité d'air convenable, elle reste importante car il se peut qu'elle soit la seule source de ventilation lorsque l'installation mécanique existante est inefficace ou que les occupants ne s'en servent pas.

Des études récentes démontrent que l'augmentation de la capacité de ventilation, pour éliminer la plupart des taux de pollution, a des effets limités au-delà de 0,3 renouvellement d'air par heure. Selon le point de vue actuel, il faut réduire les polluants à la source en les éliminant ou en se servant de matériel d'extraction ponctuelle. On pourra augmenter la capacité de ventilation, au besoin, pendant des périodes de problèmes plus intenses mais temporaires de qualité de l'air intérieur.

Dans les maisons plus étanches, il faut faire entrer de l'air de compensation par des moyens mécaniques. Les générateurs de chaleur à tirage naturel ne peuvent concurrencer la plupart des dispositifs d'extraction que l'on trouve dans les maisons modernes, à moins d'un apport d'air de compensation. Une étude récente de la SCHL [35] démontre qu'un ventilateur ordinaire de salle de bain résidentielle,

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

une hotte de cuisinière et une sècheuse ont ensemble une capacité d'extraction d'air suffisante pour entraîner une perte de pression de 5 Pa ou plus dans près de 50 % des maisons étudiées. Cette perte de pression de 5 Pa est la limite définie dans la norme CSA F326 pour les maisons munies d'appareils à tirage naturel. Des dispositifs bien dimensionnés, permettant l'entrée d'air de compensation, doivent être reliés au fonctionnement du dispositif d'extraction afin d'éviter le refoulement et le contre-tirage.

La plupart des codes et normes précisent les exigences relatives à l'air de ventilation pour chaque pièce de la maison. Une bonne ventilation fait plus qu'introduire de l'air frais. Il faut s'assurer que l'air frais entre en quantité suffisante dans toutes les pièces et toutes les aires habitées de la maison. Les installations de diffusion de l'air donnent en général un bon mélange d'air provenant de toutes les pièces, garantissant ainsi une ventilation efficace.

La conception des sorties d'air est importante si l'on veut éviter de nuire au confort des occupants, surtout pendant les cycles d'arrêt des appareils. On y arrivera grâce à des conduits d'alimentation placés en partie haute des murs intérieurs afin de s'assurer qu'en hiver, l'air frais entre au-dessus de la zone occupée. En ce qui a trait aux sorties plus communes, au périmètre du plancher, il faudra peut-être tempérer l'air avant qu'il n'entre dans la pièce pour ne pas nuire au confort des occupants.

Selon le Code national du bâtiment de 1990, en vigueur actuellement, toutes les maisons doivent être munies d'une installation de ventilation capable d'introduire l'air extérieur au rythme d'au moins 0,3 renouvellement d'air par heure en moyenne sur une période de

24 heures. S'il faut extraire de l'air pour satisfaire à cette exigence, on doit s'assurer l'entrée d'air de compensation pour éviter la perte de pression qui entraînerait l'émanation des gaz de combustion. Le code du bâtiment de l'Ontario a adopté ces exigences en janvier 1991. Le code du bâtiment de la Colombie-Britannique demande 0,5 renouvellement d'air par heure pour une installation de ventilation non distribuée, et 0,3 si elle l'est. Dans les deux cas, un ventilateur d'extraction, commandé par un hygrostat, doit fournir à toutes les heures 0,25 renouvellement d'air de la capacité requise.

D'ici 1995, il se peut que le Code national du bâtiment adopte la norme CSA F326 en tout ou en partie. La norme CSA comprend une exigence minimum de ventilation d'ensemble de 0,3 renouvellement d'air par heure. On s'attend à ce que plusieurs codes provinciaux adoptent les mêmes dispositions quant aux exigences de ventilation.

MATÉRIEL DE VENTILATION ET COMPOSANTES

Selon les résultats des derniers essais en laboratoire, la plupart des hottes de cuisine donnent la circulation d'air stipulée par le fabricant; il n'en est pas de même toutefois pour les ventilateurs de salle de bain, très inférieurs au rendement promis.

Les différences de débit et de pression propres aux installations résidentielles de ventilation ne nécessitent, en théorie, que de petites quantités de puissance de ventilateur. En pratique, cependant, selon les essais de ventilateurs d'extraction en laboratoire, il faut une puissance électrique de 100 à 200 watts pour fournir 4 watts de pouvoir à la veine d'air de ventilation. Il faut absolument

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

améliorer ce piètre rendement, sinon la ventilation continue par des moyens mécaniques atteindra des coûts prohibitifs.

Les commandes de ventilation vont du simple interrupteur marche/arrêt à la minuterie mécanique permettant de retarder l'arrêt du ventilateur, jusqu'au dernier perfectionnement des commandes actionnées par la pression. Ces commandes captent les déséquilibres de pression et mettent en marche les ventilateurs et les appareils de chauffage, ou ferment les autres dispositifs d'extraction, afin de rétablir l'équilibre de la pression dans la maison.

Les commandes actionnées par l'humidité ne réussissent pas à contrôler les taux moyens d'humidité. On juge qu'ils sont tout au plus efficaces lorsque l'humidité est à son degré le plus fort. On trouve sur le marché des prises d'air frais et des extracteurs commandés par l'humidité. Ils ont donné des résultats divers et on a constaté qu'ils réagissaient mal aux petites augmentations d'humidité. Leur réaction est lente et ils ont peu d'effet sur le taux de ventilation.

À l'essai, les dispositifs à air de compensation offerts sur le marché se sont révélés inadéquats d'une façon ou d'une autre. Certains ont un retard thermique et ne peuvent compenser les effets des autres dispositifs d'extraction sur la pression de la maison. D'autres dépendent du fonctionnement d'un ventilateur de générateur de chaleur pour fournir l'air de compensation. Les registres mécaniques, combinés à un dispositif de mise en marche actionné par le fonctionnement d'autres appareils d'extraction, seraient peut-être une solution efficace à l'alimentation en air de compensation.

Une commande à diaphragme actionnée par la pression, mise au point grâce au financement de la SCHL, est prometteuse. Le mouvement du diaphragme sous l'effet du déséquilibre de la pression met en marche, au besoin, un ventilateur à deux vitesses et des conduits de chauffage. La même commande pourrait actionner les registres, ou fermer les appareils d'extraction ou une combinaison d'appareils permettant de garder la pression de la maison dans les limites de la norme CSA F326.

Le rendement du ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC) s'est beaucoup amélioré avec les années, grâce aux essais obligatoires d'homologation R-2000 du matériel de VRC et à la formation des installateurs. Dans les premières installations de VRC, le réseau de distribution était mal conçu, et on utilisait trop de conduits souples ou à diamètre trop étroit. La deuxième génération d'installations de VRC est de qualité nettement supérieure.

Le matériel intégré de chauffage et de ventilation, en cours de mise au point grâce au financement de la SCHL, repose sur le principe que les appareils de chauffage/ventilation/extraction devraient fonctionner en harmonie de façon à garantir la sécurité des occupants des maisons dotées d'appareils à combustion. La SCHL a parrainé la mise au point de trois prototypes : le Système de gestion de l'air, le Module de gestion de l'air, et un VRC muni d'un registre mécanique. Chaque prototype vise à contrôler la quantité d'air frais ou d'extraction nécessaire pour maintenir l'équilibre de la pression dans la maison.

Dans le premier cas, l'objectif est atteint au moyen d'une caisse de mélange permettant de contrôler la

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

quantité d'air frais et d'air remis en circulation. Dans le cas du Module de gestion de l'air (MGA), on varie la vitesse d'un ventilateur d'extraction central afin de faire varier le débit d'évacuation en réaction au fonctionnement d'autres dispositifs d'extraction. On établit un équilibre entre l'air frais amené à l'intérieur par le MGA et l'air extrait. On peut arrêter les dispositifs d'extraction au besoin.

La troisième invention permet de régulariser les débits d'alimentation et d'extraction d'un VRC afin de garder les pressions de la maison dans les limites prescrites par la norme CSA F326. L'appareil est commandé par un micro-processeur doté d'un capteur de pression qui mesure les différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur. La présence d'autres dispositifs d'extraction est inconnue et n'est pas nécessaire pour maintenir l'équilibre de la pression dans la maison.

Des normes de rendement du matériel maintenant fixées par l'CSA offrent des méthodes d'essai et d'évaluation uniformes afin de déterminer les caractéristiques de débit d'air et de niveau de bruit produit par les VRC et les autres appareils mécaniques de ventilation résidentielle. Il s'agit des normes CSA C439-88 et C260-M90. Les deux sont mentionnées dans la norme F326. Si la norme F326 est « mobilisée » par le Code national du bâtiment de 1995 et par les codes provinciaux, les tests de rendement et d'évaluation deviendront obligatoires pour les VRC et les autres appareils mécaniques de ventilation résidentielle. La norme F326 exige aussi que d'autres composantes des installations de ventilation, comme les capuchons de mur et de toit, les conduits souples, etc. soient accompagnées de données publiées relatives à leurs

caractéristiques quant à la perte de pression et au débit, pour les besoins des concepteurs.

INSTALLATIONS DE VENTILATION

La ventilation d'extraction ponctuelle est la plus communément utilisée dans les maisons du Canada. Elle ne nécessite aucun système élaboré de diffusion et de conduits. Les défauts d'étanchéité des conduits et les pertes de charge peuvent être en grande partie éliminés ou réduits. Il ne faut pas de fils électriques de commande et le système est relativement faciles à installer après coup. Parmi les inconvénients, il y a la difficulté de récupérer la chaleur depuis des points d'extraction multiples; il faut plus de ventilateurs; et le matériel est souvent bruyant et inefficace. Les vérifications sur place d'installations de ventilation d'extraction ponctuelle ont révélé qu'elles ne donnaient que 50 % de leur capacité nominale d'écoulement.

L'installation centrale de ventilation d'extraction, bien que moins répandue au Canada, présente plusieurs avantages. Comme il n'y a qu'un ventilateur d'extraction et une seule sortie, il est possible de récupérer la chaleur. Les exigences relatives aux commandes peuvent être assez simples. Les pénétrations de l'enveloppe sont peu nombreuses. Si l'on compare avec une installation de ventilation d'extraction ponctuelle, c'est un système susceptible de mieux « s'intégrer » et de donner une meilleure maîtrise de l'équilibre de la pression dans la maison.

Les inconvénients potentiels incluent le coût de l'installation après coup de ce type de système dans les maisons existantes. Il y a aussi une différence de coût dans le cas d'une maison neuve, à cause des dépenses

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

qu'entraîne la pose de conduits depuis les divers points d'évacuation jusqu'au ventilateur central. Si l'on veut une commande de vitesse à chaque point d'évacuation, on augmente d'autant la complexité des commandes et le prix pourra aussi monter.

Il y a un grand nombre de types d'installation centrale de ventilation d'extraction, y compris les VRC, l'installation à prises réparties et le ventilateur-extracteur actionné par l'humidité. Les installations réparties offrent un moyen efficace de se débarrasser des polluants et d'amener l'air frais là où on en a besoin. Dans le cas des installations actionnées par l'humidité, la vitesse d'extraction varie selon l'humidité, mais l'humidité n'est pas toujours un bon indice de l'occupation d'une aire habitable.

Le ventilateur-récupérateur de chaleur à débit équilibré offre le gros avantage de ne pas affecter la pression de la maison. Il ne crée pas de surpression pouvant causer de la condensation, ni de dépression pouvant entraîner l'infiltration d'air extérieur ainsi que le contre-tirage et le refoulement des produits de la combustion et augmenter, dans certains cas, le danger de pénétration de gaz souterrains tels le radon.

Les inconvénients des installations de ventilation équilibrée comprennent l'obturation des grilles et des filtres et le déséquilibre de débit qui s'ensuit. L'incapacité de compenser les autres dispositifs d'extraction a des effets nuisibles sur la pression de la maison. Enfin, dans le cas des VRC, il y a possibilité de blocage par la neige, le gel ou la glace si le système de dégivrage fonctionne mal ou que les commandes de dégivrage sont mal réglées.

L'installation de ventilation d'alimentation seulement est relativement simple, ne coûte pas cher et ne crée pas de problèmes d'évacuation avec les appareils à combustion à tirage naturel. Elle ne produit pas de courants d'air froid se glissant dans les failles de l'enveloppe et ne laisse pas entrer de polluants comme le formaldéhyde, le radon ou d'autres gaz souterrains.

Toutefois, l'installation de ventilation d'alimentation seulement pressurise l'espace et augmente le risque d'infiltration d'air humide à travers l'enveloppe, entraînant ainsi la possibilité de dégâts causés par l'humidité, de serrures bloquées par le gel, etc. Il faudra peut-être réchauffer l'air frais admis pour ne pas nuire au confort des occupants.

Une installation de ce type vient de faire l'objet d'une étude. On a pressurisé un vide sanitaire à l'aide d'un ventilateur d'alimentation en air frais. Des événements pratiqués dans le plancher laissent entrer dans les aires habitables l'air frais réchauffé. Selon les rapports, la qualité de l'air est excellente. On trouvera des renseignements plus détaillés sur cette installation au chapitre 4.

Le concept du mur dynamique implique un apport uniforme d'air frais à travers les matériaux de l'enveloppe et de ce fait, le chauffage préalable de l'air d'alimentation. On élimine ainsi les dommages que cause à l'enveloppe les fuites d'air vers l'extérieur. On peut récupérer la chaleur contenue dans l'air évacué au point central d'extraction, et comme l'air arrive préalablement chauffé, il n'y a pas de courants d'air froid.

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

Un des inconvénients de ce concept est la possibilité de refoulement et de contre-tirage des produits de la combustion dans les maisons dotées d'appareils à combustion à tirage naturel. Il y a aussi le fait que tout l'air de ventilation est aspiré à travers le mur et l'enveloppe, là où inspections et nettoyages ne sont pas possibles. Ce manque d'accessibilité peut entraîner des fuites de matières particulaires ou autres polluants depuis la cavité murale. On a évalué le rendement d'une installation de ce type dans un projet de recherche de la SCHL [78]. Les épargnes nettes en énergie de ventilation s'élèveraient à environ 15 % par rapport aux constructions et aux installations de ventilation de conception traditionnelle.

Une des installations de ventilation les plus simples et les plus répandues est l'alimentation en air frais vers la reprise d'air avec raccordement au plénum du générateur de chaleur. Cette méthode se sert du système de distribution existant pour diffuser l'air frais. C'est aussi une méthode peu coûteuse, fonctionnant par simple pénétration de l'enveloppe, un réseau de conduits et un capuchon mural. On peut lui ajouter, au besoin, un ventilateur séparé.

Il y a certains inconvénients possibles à ces installations. Elles tendent à pressuriser la maison et dépendent du fonctionnement du générateur de chaleur, qui est à la fois cyclique et saisonnier. Le fonctionnement continu du ventilateur du générateur est coûteux et source possible d'inconfort pour les occupants durant les cycles d'arrêt. Le raccord de l'évent peut avoir une capacité de débit limitée, surtout lorsque fonctionnent d'autres appareils extracteurs. Il y a aussi la possibilité de problèmes de condensation et de corrosion à

l'intérieur de l'échangeur thermique du générateur.

L'installation de ventilation passive utilise des ouvertures pratiquées intentionnellement dans le bâtiment afin d'y faire entrer de l'air frais et d'en évacuer l'air vicié, sans avoir recours à la puissance d'un ventilateur. C'est une installation simple et fiable dont le coût de départ et le coût de fonctionnement sont peu élevés. On peut aussi l'utiliser concurremment avec une installation mécanique basée sur des ventilateurs.

L'installation de ventilation passive ne peut généralement pas, à elle seule, fournir la ventilation nécessaire dans les cas de faibles écarts de température et de vitesses de vent peu importantes. Dans certains concepts, l'air frais pénétrant dans l'espace habitable peut être trop froid pour le confort des personnes et l'alimentation de certaines parties de la maison peut être insuffisante.

L'installation de ventilation passive augmente la capacité de ventilation si l'on compare aux cas où il n'y a aucune ouverture intentionnelle. C'est ce que démontrent les essais sur le terrain. Les cheminées d'extraction passive devraient être aussi hautes que possible et munies d'un registre afin de limiter les débits de pointe dans les situations de grands écarts de pression ou de température. Ce type de ventilation n'est pas aussi efficace que les installations mécaniques pour la maîtrise du degré de pollution à l'intérieur des maisons, car le taux de ventilation dépend des écarts de pression et de température.

RECOMMANDATIONS

Il reste un bon nombre de lacunes à combler par la recherche, la mise au point et la démonstration dans le champ

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

des connaissances et des techniques de ventilation :

Exigences de ventilation

- il n'est pas efficace d'augmenter les taux de ventilation pour enrayer les polluants, dans la plupart des cas. Le contrôle à la source est habituellement la solution la plus efficace et il faut mettre au point des capteurs fiables et bon marché pour détecter les polluants;
- il faut étudier et quantifier les économies d'énergie réalisables en se servant de déshumidificateurs pour le contrôle de l'humidité, plutôt que de hausser les taux de ventilation. La ventilation resterait nécessaire, mais les taux pourraient être plus faibles dans les maisons dotées de déshumidificateurs;
- en supposant que d'autres moyens, par exemple le contrôle à la source, permettraient d'enrayer les effluents gazeux ou les autres polluants, on pourrait baser les taux de ventilation sur le contrôle de l'humidité à l'aide d'un hygromètre. Il faudrait entreprendre une étude pour vérifier si la ventilation commandée par l'humidité est une idée pratique et déterminer le réglage idéal de l'hygromètre selon la zone climatique et le mode d'occupation.
- l'air de compensation provenant de l'extérieur et entrant dans une maison en hiver peut être une source d'inconfort sérieux pour les occupants, à moins qu'on ne l'ait réchauffé. Pour y arriver, il serait simple et peu coûteux de se servir des chauffe-conduits électriques pendant les cycles d'arrêt du générateur. En hiver, cependant, les centrales électriques ont des périodes de pointe qui sont exacerbées par le

chauffage électrique. Il faut chercher des solutions de rechange qui ne surchargeraient pas les centrales électriques aux heures de pointe;

- on recommande que les prises d'air d'alimentation soient placées en partie haute des murs pour faire entrer l'air frais dans l'aire habitée. Le concept traditionnel nord-américain de système de distribution prévoit des prises d'air à hauteur du plancher au périmètre, avec des grilles de reprise d'air dans la partie supérieure ou inférieure des murs. Il faut mener des recherches et vérifier si un tel système de distribution est logique pour le logement canadien ou s'il existe des solutions plus pratiques. Comment s'assurer un bon mélange d'air chaud durant les cycles du générateur? Quelle est l'efficacité du refroidissement lorsque l'air arrive à ce niveau? Il faut répondre à ces questions et à bien d'autres.

Matériel et composants de ventilation

- il faut apporter des améliorations considérables à l'efficacité des groupes motoventilateurs utilisés dans les installations de ventilation. Les organismes de réglementation pourront avoir de la difficulté à exiger une ventilation mécanique continue si l'on ne réduit pas la puissance de ventilateur requise. Il faut fixer un objectif d'efficacité raisonnable, évaluer les ventilateurs existants à bon rendement énergétique et mener des études en vue de la mise au point et de l'essai de prototypes de groupes motoventilateurs à rendement énergétique supérieur;
- le manque d'efficacité des capteurs et contrôles d'humidité conventionnels est responsable à

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

bien des égards du rendement décevant du matériel actuel de ventilation commandé par l'humidité. Il faut mettre au point des capteurs et des commandes de ventilateur précis, à réaction plus rapide et à prix relativement bas afin d'améliorer l'utilité potentielle de ce type d'installation;

- l'utilisation, dans un raccord d'air frais vers la reprise d'air, d'un registre mécanique lié au fonctionnement d'autres appareils d'extraction, serait peut-être un moyen efficace de régulariser l'air de compensation. On pourrait mettre au point un prototype et en faire l'essai pour prouver le concept;
- malgré les efforts récents pour y arriver, il faut encore étudier et mettre au point un type peu coûteux de capteur et de contrôle de pression, d'intérieure et d'extérieure, que l'on pourra utiliser dans un dispositif d'air de compensation;
- la norme CSA F326, si elle devient obligatoire, exigera que les composantes de l'installation de ventilation et les ventilateurs testés et évalués afin d'en établir les caractéristiques quant à la perte de pression et au débit. La norme F326 ne précise ou ne mentionne aucune méthode de test, ce qui signale l'opportunité d'une étude en vue d'élaborer une méthode uniforme de test et d'évaluation à l'appui de la norme F326, par l'entremise de l'CSA.

Installations de ventilation

- Les installations d'extraction commandées par l'humidité exigent des études plus poussées. Une des installations dont font état les écrits était trop petite pour que les résultats et conclusions de l'étude soient probants. Il faut refaire

l'expérience avec une installation de dimensions suffisantes;

- la ventilation d'alimentation seulement offre des avantages importants par rapport aux installations d'extraction en ce qui a trait à l'élimination des polluants, à la prévention du contre-tirage ou du refoulement, et au confort des occupants. Il faut effectuer des recherches et établir la gamme des conditions ou circonstances dans lesquelles on peut utiliser une installation d'alimentation seulement sans que l'enveloppe ne subisse les méfaits de la condensation;
- il faut quantifier les économies que l'on dit réalisables grâce au mur dynamique, et voir si elles compensent les frais que peut entraîner la diminution de l'isolation. On étudierait en même temps les modifications de concept propres à améliorer les possibilités du mur dynamique;
- on dit que le raccord d'air frais vers la reprise d'air augmente le potentiel de corrosion dans l'échangeur de chaleur du générateur. La lampe-témoin allumée de façon permanente aura disparu du marché d'ici quelques années, ce qui va réduire de beaucoup, sinon éliminer complètement, les problèmes potentiels de corrosion de l'échangeur de chaleur. Il y a là des conséquences qui méritent d'être examinées, surtout en rapport avec le besoin de fournir le réchauffement durant les cycles d'arrêt du brûleur;
- le raccord d'air frais vers la reprise d'air offre l'inconvénient qu'il n'y a pas d'alimentation en air frais à moins que le ventilateur du générateur de chaleur ne fonctionne pendant les cycles d'arrêt du brûleur. Il faut arriver à définir les exigences minimales

1. APERÇU DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DE DÉMONSTRATION EN VENTILATION AU CANADA

- d'un concept permettant des coûts de fonctionnement plus faibles et une distribution d'air propice au confort quand le ventilateur du générateur n'est pas en marche. On pourrait entreprendre une recherche afin de déterminer comment réaliser cet objectif, peut-être en ajoutant, par exemple, un petit ventilateur d'air frais dans le conduit d'alimentation;
- les installations de ventilation passive offrent des avantages

importants dans les régions à coûts d'électricité élevés ou à programmes de gestion de la demande. Il faut étudier et définir les exigences de calcul minimales pour un système combinant la ventilation passive et les ventilateurs, afin de réduire au plus bas possible les coûts de fonctionnement tout en améliorant la qualité de l'air intérieur. Les ventilateurs auxiliaires ne serviraient qu'à des moments d'écart de pression et de température peu importants.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

RÉSUMÉ

La résistance d'un bâtiment aux fuites et aux infiltrations d'air s'appelle étanchéité à l'air. Ces dix dernières années, l'étanchéité à l'air des maisons canadiennes a augmenté de façon considérable. Les fuites d'air naturelles, ou la ventilation qui se produit sans ventilateur mécanique pour créer l'écart de pression établissant le débit, ne suffisent plus à produire une ventilation adéquate.

Les exigences de ventilation varient selon qu'il s'agit d'éliminer les polluants, contrôler l'humidité ou empêcher la condensation. Quand la ventilation implique l'évacuation de l'air vicié ou des gaz de combustion, il peut être nécessaire de fournir de l'air de compensation pour maintenir l'équilibre de la pression dans la maison et éviter le contre-tirage ou le refoulement des gaz dans les maisons munies d'appareils à dispositifs d'extraction.

La simple introduction d'air frais dans un bâtiment ne suffit pas à assurer hygiène et confort aux occupants. L'efficacité de la ventilation et de la distribution se mesure à la façon dont une installation de ventilation parvient à distribuer l'air en quantités suffisantes dans les différentes aires habitables sans nuire au confort des occupants.

On traitera de divers Codes et normes régissant les quantités requises d'air de ventilation, les méthodes d'alimentation et de fonctionnement de l'installation, et les moyens de définir la conformité aux règlements.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

On perd une partie de l'énergie du chauffage des locaux à travers les murs, les planchers et les plafonds, et par les fuites d'air à travers les ouvertures accidentelles (fissures et trous) de l'enveloppe du bâtiment. Une partie se perd aussi dans le fonctionnement de l'installation de ventilation mécanique. La résistance aux fuites et aux infiltrations d'air est déterminée par l'étanchéité à l'air de l'enveloppe d'un bâtiment. On exprime en général l'étanchéité à l'air selon la surface de fuite équivalente (SFE) ou les renouvellements d'air par heure à 50 Pa (ra/h_{50}). La SFE est la surface, en cm^2 , de toutes les ouvertures de l'enveloppe du bâtiment, décrites comme si elles étaient regroupées en une seule grande ouverture.

Ces dix dernières années, on a beaucoup amélioré l'étanchéité à l'air des maisons canadiennes, grâce à des mesures visant à réduire la consommation d'énergie et à éliminer les courants d'air pour un meilleur confort.

L'étanchéité à l'air présente des avantages évidents mais peut aussi entraîner des problèmes potentiels.

Avantages d'une meilleure étanchéité

- Meilleure performance de l'enveloppe du bâtiment
- Consommation réduite d'énergie
- Confort amélioré

Problèmes potentiels d'une meilleure étanchéité

- Si l'infiltration naturelle réduite n'est pas compensée par la ventilation mécanique, les taux d'humidité pourront monter en hiver et créer une situation

propice aux moisissures et la dégradation de la charpente (pourriture).

- La maison peut se dépressuriser davantage, et nuire à l'évacuation des gaz des appareils à combustion.
- La qualité de l'air peut se détériorer avec l'accumulation des polluants.
- L'installation soignée du pare-air/pare-vapeur est rendue plus critique car l'air sortant des fuites peut avoir un degré plus élevé d'humidité relative.

Méthode standard de test d'étanchéité à l'air

La construction étanche à l'air est reconnue comme un élément important du logement à rendement énergétique élevé. En 1979, Beach [7] rendait compte de la mesure de l'étanchéité relative de 60 maisons neuves dans la région d'Ottawa. La méthode utilisée et la présentation des données ($Q=C(\Delta P)^n$) sont à la base des méthodes standard venues par la suite. Au début des années 1980, l'Office des normes générales du Canada (ONGC) a mis au point une méthode standardisée de test d'étanchéité à l'air [20] afin de pouvoir obtenir des mesures fiables, stables et reproductibles. C'est ainsi que l'on a pu, pour la première fois, comparer les résultats des recherches réalisées par divers chercheurs dans différentes parties du pays. On a également pu cerner une tendance vers une plus grande étanchéité à l'air ces dernières années.

L'étanchéité à l'air au début des années 1980

En 1982 et 1983, Sulatisky [74] a mené des tests sur 200 maisons neuves un peu partout au Canada, à l'aide d'une méthode semblable à celle prescrite par

2. EXIGENCES DE VENTILATION

l'ONGC. Il s'est servi d'un volet d'inverseur de soufflante pour mesurer l'étanchéité à l'air de 200 maisons de construction récente, en procédant province par province, partout au Canada. À ce moment-là, sauf quelques exceptions, seules les maisons à rendement énergétique supérieur (maisons R-2000) étaient dotées d'un pare-air/pare-vapeur continu. On ne sait pas très bien si les maisons étudiées étaient construites selon les exigences du Code national du bâtiment de 1980, d'une version antérieure du code ou d'un code provincial du bâtiment.

Les tests de volets d'inverseur de soufflante ont montré qu'au début des années 1980, c'est au Manitoba et en Saskatchewan que l'on construisait les maisons les plus étanches. Ces maisons n'avaient pas de pare-air/pare-vapeur continu, mais les prises et les dispositifs électriques étaient recouverts de polyéthylène. Dans plusieurs d'entre elles, on avait calfaté le raccord de la solive de bordure. Les maisons situées en Colombie-Britannique, en Alberta, en Ontario et à l'Île-du-Prince-Édouard n'étaient pas aussi étanches à l'air. On s'est servi du dépistage à la fumée dans des maisons expérimentales de ces quatre provinces et on a repéré les principaux endroits de fuite suivants :

- raccords des solives de bordure et du toit
- prises et dispositifs électriques
- ouvertures de l'enveloppe pour les canalisations de services publics et de plomberie
- bâtis des fenêtres, des portes et des panneaux d'accès au vide sous toit
- autour des foyers
- autour des encorbellements de mur et des fenêtres en saillie

Selon les tests, le degré moyen d'étanchéité à l'air des maisons canadiennes au début des années 1980 égalait celui des maisons suédoises construites après 1965 et celui d'une gamme de maisons éconergiques bâties aux États-Unis. En Ontario et au Québec, le degré d'étanchéité à l'air des maisons semblait varier considérablement d'un constructeur à l'autre.

L'échantillon ontarien se composait de 40 maisons dont 20 avaient un pare-air/pare-vapeur de polyéthylène de 2 mil et les 20 autres, de 4 mil. Les résultats des tests d'étanchéité à l'air ont démontré que les maisons munies d'un pare-air/pare-vapeur de 4 mil étaient à 22 % plus étanches que les autres. Le polyéthylène de 4 mil donne un meilleur pare-air que celui de 2 mil. Le rapport présumait que le matériau plus épais étant plus facile à manipuler, il y avait moins de chances qu'il ne se déchire durant l'installation [74].

L'étanchéité à l'air en 1989

En 1989, on a réalisé une étude [37] sur l'étanchéité à l'air de 200 nouvelles maisons de constructeur-vendeur. On s'est servi de la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur, de l'ONGC, ce qui a permis d'établir des comparaisons avec l'étude de 1982, dont nous avons parlé plus haut. On a aussi introduit les résultats de l'enquête dans un programme informatique utilisant les données climatiques de l'emplacement précis de la maison afin de prédire, heure par heure pour une année typique, la quantité d'air fuyant de chacune des maisons sous l'effet du vent et de la température. Le programme indiquait lesquelles des maisons sans ventilation mécanique auraient probablement des périodes où l'infiltration d'air serait inférieure au

2. EXIGENCES DE VENTILATION

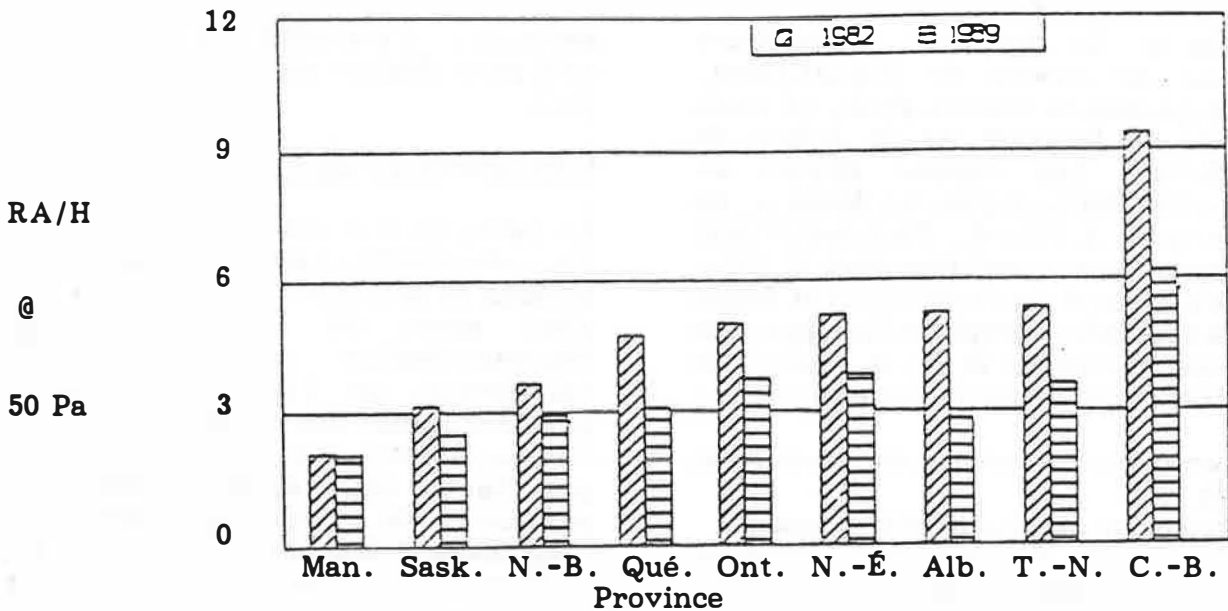
minimum généralement accepté pour l'hygiène et la sécurité.

Les données fournies par l'ordinateur ont prédit que 70 % des maisons étudiées étaient si étanches à l'air que leur taux d'infiltration durant la saison de chauffage serait moindre que le minimum généralement admis de 0,3 renouvellement d'air par heure. On prédisait que près de 90 % des maisons soumises aux tests auraient au moins un mois, pendant la saison de chauffage, durant lequel le taux moyen de fuite d'air serait inférieur à 0,3 ra/h, et que pratiquement toutes les maisons de l'enquête (99 %) auraient au moins une période de 24 heures, pendant la saison de chauffage, durant

laquelle le taux moyen de fuite d'air serait inférieur à 0,3 ra/h si l'on n'avait recours à la ventilation mécanique.

L'étanchéité à l'air augmente tout au long des années 1980

Au début des années 1990, Hamlin et al. [35] ont passé en revue les écrits sur l'étanchéité à l'air des habitations canadiennes. Ce qui suit est basé sur le rapport consécutif à cette étude, publié en mai 1990. Bien que plusieurs recherches aient été passées en revue, la plus grande partie du rapport résumait les deux enquêtes dont nous avons parlé ci-dessus, pour ensuite établir certaines comparaisons intéressantes.



Comparaison des taux de renouvellement d'air entre les données de 1982-1983 et celles de 1989 [35]

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Les résultats de l'étude de 1989 indiquent que les maisons étaient devenues 30 % plus étanches que ne le rapportait Sulatisky [74]. L'amélioration la plus forte était en Colombie-Britannique, où l'étanchéité moyenne avait augmenté de près de 40 %. Ce changement est en partie attribuable aux maisons plus grosses construites à Vancouver, puisque le taux d'infiltration à 50 Pa est normalisé selon la taille de la maison. Les maisons neuves construites en Colombie-Britannique gardaient quand même les taux d'infiltration les plus forts. On a constaté que les maisons des régions plus froides du pays étaient plus étanches à l'air que celles des régions plus tempérées. Selon l'étude, cette tendance serait probablement influencée par le souci du confort et des coûts énergétiques.

Étanchéité à l'air et qualité de l'air

D'après Newton [53], comme les gens passent le plus clair de leur temps à l'intérieur et que les nouveaux matériaux de construction laissent échapper des gaz, la tendance à diminuer l'infiltration d'air ne fait qu'envenimer le problème de la pollution dans la société moderne. Le rapport reconnaît que la fréquence des problèmes d'humidité dans les bâtiments augmente avec l'étanchéité à l'air. Le potentiel de contre-tirage et de refoulement des gaz de combustion s'accroît avec le taux d'étanchéité à l'air de l'enveloppe de l'édifice. Le rapport cite D.J. Wilson, de l'Université de l'Alberta, selon lequel le comportement de l'occupant tend à hausser le taux d'infiltration d'environ 0,2 ra/h.

L'annexe au rapport donne un court sommaire des textes étudiés au cours d'une revue de la documentation existante. Un rapport de 1981 de

« Énergie appliquée » ("Applied Energy"), sur les effets des coupe-froid installés aux portes et aux fenêtres, indique qu'ils peuvent réduire d'un tiers le taux de ventilation naturelle (et augmenter ainsi l'étanchéité à l'air).

RENDRE ÉTANCHES À L'AIR LES MAISONS EXISTANTES

Unies [82] évalue le succès des tentatives d'un entrepreneur commercial, spécialisé dans l'enraiment des fuites d'air, pour donner aux maisons existantes une meilleure étanchéité à l'air. Dans un échantillon de 56 maisons conventionnelles, on a mesuré l'augmentation d'étanchéité obtenue à la suite de travaux, telle qu'indiquée par la réduction de la surface de fuite équivalente à 10 Pa (SFE_{10}). La SFE_{10} avait baissé de 24 pour passer à 37 %, avec une médiane de 32 %.

DÉGRADATION DE L'ÉTANCHÉITÉ

On estime que l'étanchéité à l'air d'une maison diminue avec le temps à cause de la détérioration du pare-air en polyéthylène, de la contraction du bois et du tassement de la charpente. Proskiw [62], après avoir observé 24 maisons sur des périodes allant jusqu'à trois ans, en conclut que rien ne prouve que le polyéthylène et la cloison sèche étanche ne constituent pas des matériaux convenables de pare-air. Les changements constatés dans l'étanchéité ont été jugés minimes et sans importance pratique.

CONCLUSIONS

Les maisons canadiennes sont devenues beaucoup plus étanches à l'air ces dernières années [35]. Dans la majorité des maisons bâties au Canada, selon les pratiques normales de

2. EXIGENCES DE VENTILATION

construction, l'étanchéité à l'air est assez réussie qu'elle empêche de pouvoir compter sur l'infiltration à travers l'enveloppe pour assurer, durant toute la saison de chauffage, le taux de renouvellement d'air que la plupart des autorités jugent nécessaire pour maintenir la qualité de l'air dans un ménage ordinaire [37]. Pour garantir ce taux de renouvellement d'air en tout temps durant la saison de chauffage, il faut pourvoir les maisons

d'une installation de ventilation mécanique [37]. Sauf dans le cas des maisons climatisées dont les fenêtres restent fermées, l'infiltration est à son minimum durant les demi-saisons, au printemps et en automne, dans plusieurs parties du pays [37]. On conclut également qu'il est presque impossible de prévoir la dimension, la forme et la répartition des passages d'air dans l'enveloppe d'un bâtiment.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

VENTILATION ET INFILTRATION NATURELLES

On supposait jusqu'à récemment que, sauf dans le cas des maisons bâties pour être étanches à l'air, une combinaison de ventilation passive et d'infiltration suffisait à fournir l'air frais nécessaire au maintien d'une bonne qualité d'air pour les occupants de la plupart des maisons. La recherche nous montre maintenant que même les vieilles bâtisses pleines de fuites peuvent offrir des taux d'infiltration insuffisants pendant les demi-saisons et la période de climatisation en été. Les experts s'entendent en général sur le fait que dans les maisons à taux normal de génération de polluants, il faut au moins 0,3 renouvellement d'air par heure pour maintenir une ventilation adéquate; même ce taux d'infiltration ne garantit pas une bonne qualité d'air intérieur à moins que l'air frais ne soit distribué comme il se doit dans toutes les aires habitables de la maison (CSA [19]).

INFILTRATION NATURELLE

L'infiltration naturelle se définit comme l'air frais qui pénètre dans une maison à travers les ouvertures non intentionnelles de l'enveloppe. L'air entre et sort d'un bâtiment à cause des différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Les écarts de pression responsables de l'infiltration naturelle sont produits par le vent (pression forte sur un mur exposé au vent, et faible sur un mur à l'abri du vent) et l'effet de cheminée causé par les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur (l'air chaud s'élève et sort par les parties supérieures d'un bâtiment, et est remplacé par l'air plus froid de l'extérieur qui s'infiltré dans les parties inférieures). Le taux d'infiltration naturelle est déterminé

par la différence de pression et la taille des ouvertures dans l'enveloppe du bâtiment.

VENTILATION PASSIVE

La ventilation passive se définit comme le mouvement de l'air entrant et sortant d'une maison par des ouvertures intentionnelles comme les fenêtres, les portes et les événements. L'air est mu par les mêmes forces que pour l'infiltration passive, mais la résistance à la circulation de l'air étant en général plus faible, il faut une différence de pression moins importante. Dans la ventilation passive, les échanges d'air sont commandés par l'occupant et ne sont pas influencés par l'étanchéité à l'air de la maison.

IMPORTANCE DE L'INFILTRATION NATURELLE

À moins d'avoir et d'utiliser un système de ventilation mécanique efficace, l'infiltration naturelle est le seul moyen de diluer les polluants de l'air intérieur pour les ramener à des taux acceptables et de fournir aux occupants l'oxygène dont ils ont besoin, une fois qu'on a fermé les ouvertures passives.

MESURE DE L'INFILTRATION NATURELLE

Bien des études ont porté sur la quantification de l'infiltration naturelle. Certaines faisaient appel aux méthodes de désintégration des gaz de traçage pour mesurer les taux de renouvellement d'air dans la maison. D'autres ont tenté d'établir des corrélations entre les taux de renouvellement d'air mesurés par les méthodes de désintégration des gaz de traçage et les taux de renouvellement d'air mesurés lors d'essais de dépressurisation au moyen d'un

2. EXIGENCES DE VENTILATION

ventilateur. D'autres encore ont tenté de construire des modèles mathématiques en se basant sur la vitesse et la direction du vent, ainsi que sur la force ascensionnelle ou effet de cheminée, et de valider ces modèles en les comparant aux données de mesure.

Le taux d'infiltration naturelle d'une maison est ordinairement défini par une technique de gaz de traçage, qui peut être plus précise que les résultats modélisés (T.E.S. [75]). Le gros point faible des tests de gaz de traçage, c'est que les taux d'infiltration obtenus correspondent uniquement aux conditions climatiques au moment du test. Il y a plus d'une technique de gaz de traçage, mais l'une des plus souvent utilisée consiste à injecter dans une partie d'une maison une quantité de gaz de traçage non toxique, comme l'hélium, le gaz carbonique ou l'hexafluorure de soufre, et de mesurer le taux de désintégration de la concentration de gaz. Après s'être assuré d'avoir bien mélangé la quantité initiale de gaz de traçage dans la maison à l'aide du ventilateur soufflant du générateur, on mesure la concentration à intervalles de 5 à 15 minutes. On détermine ensuite le renouvellement d'air durant le test en trouvant la courbe exponentielle de désintégration correspondant le mieux aux données de désintégration de la concentration.

Sunton Engineering [53] a effectué des régressions mathématiques sur les données relatives à plusieurs maisons, tentant d'en dériver un rapport que l'on puisse appliquer à d'autres bâtiments. Ces études n'ont toujours eu qu'un succès limité à cause des écarts importants propres à la construction résidentielle. La situation se complique encore du fait que le comportement de l'occupant peut augmenter le taux d'infiltration

d'environ 0,2 ra/h, selon le professeur Wilson du département de Génie mécanique de l'Université de l'Alberta.

TAUX D'INFILTRATION NATURELLE TYPES

Selon les résultats d'une étude [35] menée pour la SCHL en 1989 par Hamlin, Forman et Lubun, à l'aide d'une méthode de gaz de traçage, 82 % d'un échantillon de 50 maisons neuves choisi à travers le Canada avaient un taux d'infiltration naturelle inférieur à 0,3 ra/h durant la période fin hiver-début printemps. La même étude affirme que des taux de renouvellement d'air supérieurs à 0,3 ra/h ont un effet réducteur sur la dilution des concentrations de certains polluants de l'air intérieur. Il se peut donc que 0,3 ra/h soit non seulement le minimum acceptable, mais aussi l'optimum.

En se servant des mesures prises dans plusieurs maisons du pays par la méthode des gaz de traçage, Handegord [52] a calculé que l'infiltration d'air causée par un vent de 16 km/h (sans effet de cheminée ou l'influence d'appareils extracteurs) irait de 0,01 de renouvellement d'air par heure dans la maison la plus étanche à 0,1 ra/h dans celle qui l'est le moins. On a calculé, à partir des mêmes tests d'étanchéité à l'air, que l'effet de cheminée dans une maison de grandeur moyenne donnait un taux de renouvellement d'air de 0,006 ra/h dans la maison la plus étanche et de 0,67 ra/h dans la moins étanche des maisons étudiées. S'il y avait un foyer, le taux de renouvellement d'air de ces maisons augmenterait de 1,3 ra/h par heure et en ajoutant un générateur au mazout, le taux pourrait augmenter de 0,5 ra/h par heure (à condition que l'occupant puisse faire entrer la quantité d'air nécessaire pour une bonne évacuation des produits de combustion).

2. EXIGENCES DE VENTILATION

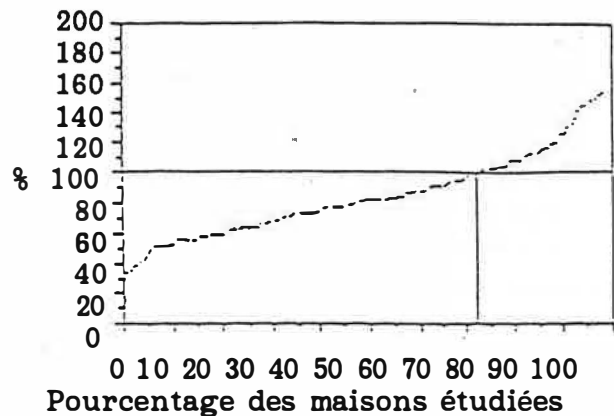
La maison la moins étanche de l'étude aurait fourni trop de ventilation sous l'action du vent ou de l'effet de cheminée, mais pas assez en leur absence [52]. Le fait de bâtir des maisons moins étanches ne garantit donc pas une ventilation suffisante en tout temps.

PRÉVOIR LES TAUX D'INFILTRATION NATURELLE

Les données provenant des tests d'étanchéité effectués dans 200 maisons canadiennes neuves en 1989 [37] ont été introduites dans un modèle informatique du CNR (Shaw 1985). Le modèle informatique, en se basant sur les données climatiques relevées heure par heure, a établi des prévisions relatives au taux horaire de l'infiltration naturelle causée par le vent et par les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur. On a comparé les résultats produits par le modèle à d'autres modèles et aux résultats obtenus par les tests aux gaz de traçage, et on a constaté que les prévisions sont un bon indicateur de la quantité d'infiltration naturelle à laquelle on peut s'attendre dans les maisons soumises à des conditions atmosphériques semblables à celles correspondant aux données d'entrée utilisées dans l'expérience.

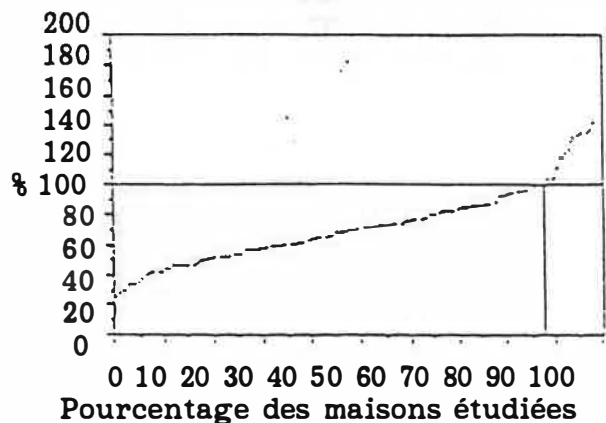
Selon les résultats du modèle informatique :

- Dans plus de 70 % des maisons étudiées, le taux d'infiltration naturelle prévu était inférieur à celui de 0,3 ra/h (mentionné dans le Code national du bâtiment de 1990) durant la saison de chauffage.



Taux saisonnier moyen d'infiltration, en % des exigences de ventilation de 1990 [37]

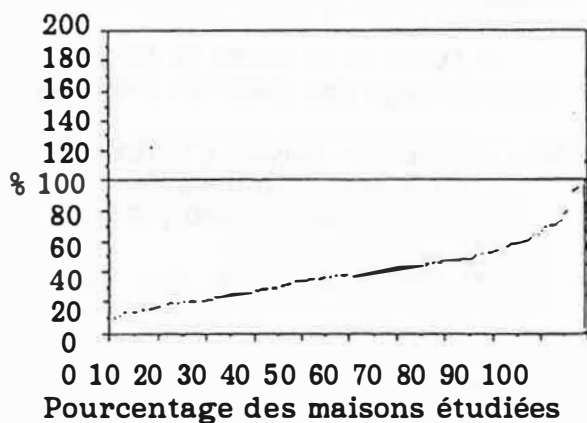
- Dans près de 90 % des maisons étudiées, on prévoyait que pendant au moins un mois de la saison de chauffage, le taux moyen d'infiltration d'air serait inférieur à 0,3 ra/h.



2. EXIGENCES DE VENTILATION

Taux mensuel minimum moyen d'infiltration, en % des exigences de ventilation de 1990 [37]

- Dans pratiquement toutes les maisons étudiées (99 %), on prévoyait un taux moyen d'infiltration d'air inférieur à 0,3 ra/h pendant au moins 24 heures au cours de la saison de chauffage.



Taux quotidien minimum moyen d'infiltration d'air, en % des exigences de ventilation de 1990 [37]

Ces résultats s'appliquent seulement à la saison de chauffage, lorsque les taux d'infiltration naturelle sont à leur plus fort à cause de l'effet de cheminée qu'entraînent les grandes différences de température entre l'intérieur et l'extérieur. Les taux d'infiltration naturelle sont beaucoup plus bas au printemps et à l'automne qu'en hiver. En été, si l'on utilise la climatisation en gardant les fenêtres fermées, les taux d'infiltration peuvent être encore plus faibles.

CONCLUSIONS

Comme on ne peut pas se fier aux forces naturelles pour fournir une ventilation suffisante en toutes circonstances, il vaut mieux se munir d'une installation de ventilation mécanique [52].

2. EXIGENCES DE VENTILATION

VENTILATION PAR L'OCCUPANT ET ÉLIMINATION DES POLLUANTS

On ne peut plus compter sur la seule infiltration naturelle pour fournir la quantité suffisante d'air frais nécessaire à l'hygiène et à la sécurité des maisons canadiennes. Il faut faire appel aux installations de ventilation à commande mécanique.

Bien que la ventilation mécanique puisse améliorer considérablement la qualité de l'air intérieur, il faut quand même éliminer les polluants à la source si l'on veut s'assurer une qualité d'air adéquate. Étant donné les quantités importantes d'air d'alimentation requises, la capacité de ventilation est souvent un compromis entre la qualité de l'air et le souci énergétique. De plus, en augmentant la ventilation en vue de réduire les polluants de l'air intérieur, on s'expose également à la loi des rendements décroissants : une fois que les taux de ventilation ont atteint un certain degré, il semble que les hausses ultérieures de ventilation aient un effet de plus en plus faible sur la qualité de l'air.

EXPRESSION DES TAUX DE VENTILATION

Les taux de ventilation peuvent s'exprimer de plusieurs manières. Les unités les plus communément utilisées sont les suivantes :

- le taux volumétrique de débit (L/s);
et
- le renouvellements d'air par heure (ra/h).

Un ra/h veut dire qu'à chaque heure, un volume d'air égal au volume de la maison entre et sort de la maison. Souvent, aussi, on donne au taux de ventilation le nom de taux de renouvellement d'air.

LES BESOINS DE VENTILATION PROPRES AUX ÊTRES HUMAINS

Selon TES [75], les êtres humains ont généralement besoin de ventilation pour les raisons suivantes :

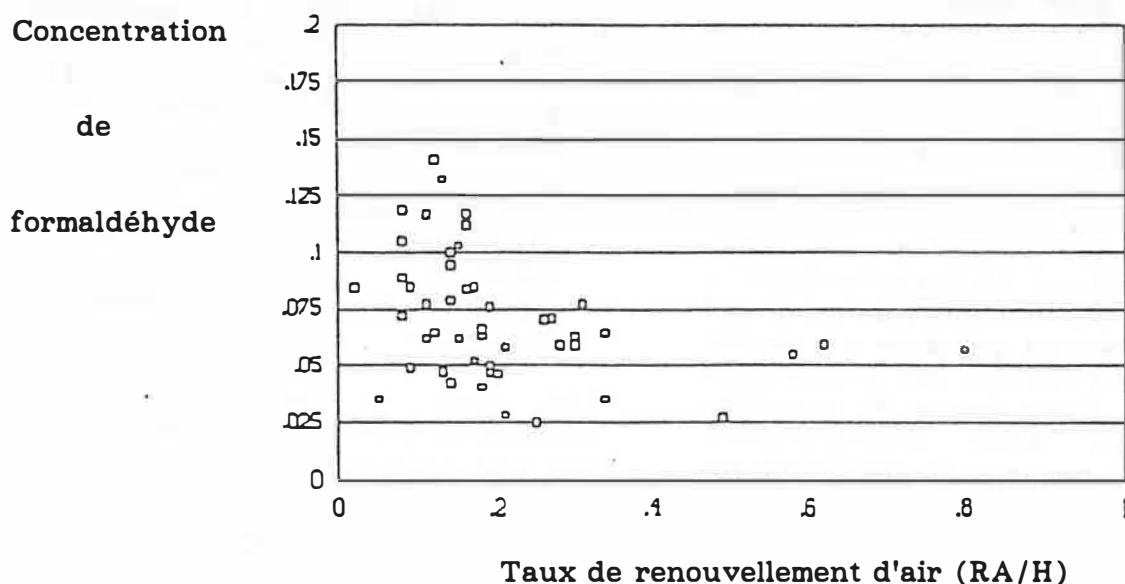
- maintenir un taux suffisant d'oxygène (O₂) et d'anhydride carbonique (CO₂);
- réduire les concentrations de polluants susceptibles de créer des odeurs désagréables ou de nuire à la santé; et
- contrôler les taux d'humidité à l'intérieur.

L'air frais de l'extérieur contient environ 21 % de O₂ et 0,03 % de CO₂, sur une base volumétrique (le reste étant composé en grande partie d'azote) (58). Des variations importantes dans ces proportions peuvent rendre l'air impropre aux humains. Pour les cas d'exposition prolongée, les normes habituellement acceptées sont 16 % de O₂ et une concentration maximum de 0,5 % de CO₂. Le manque d'oxygène n'est pas un problème aussi sérieux que la présence de CO₂ en concentrations élevées, qui peut affecter la santé (maux de tête, fatigue, métabolisme du calcium des os) avant qu'une carence d'oxygène n'ait d'effet sérieux [75].

ENRAIEMENT DE LA POLLUTION ET VENTILATION

Les polluants intérieurs comprennent une vaste gamme de matières gazeuses, particulaires et radioactives pouvant produire des odeurs désagréables et nuire à la santé. L'air de ventilation peut aider à réduire la concentration de ces polluants.

2. EXIGENCES DE VENTILATION



Concentration de formaldéhyde et taux de renouvellement d'air [35]

Il faut faire remarquer que dans le cas de certains polluants, la ventilation requise pour abaisser la concentration à un degré acceptable atteint des quantités peu pratiques dans un milieu de fumeurs [75]. (La norme ASHRAE 62-89 [4] recommande maintenant 7,5 L/s par personne pour les aires où l'on ne fume pas et 30 L/s par personne là où il est permis de fumer.)

Bien que la ventilation soit le moyen le plus efficace de diluer les aérosols, elle peut aussi introduire des polluants dans l'atmosphère sous la forme de matières particulaires provenant du dehors (ex. la poussière, le pollen, etc.). On peut débarrasser l'air de ventilation de ces particules en le faisant passer à travers un épurateur d'air à haut rendement avant son arrivée dans les aires habitables de la

maison. Si l'emplacement des prises d'air d'une installation de ventilation est mal choisi (ex. près d'une entrée de garage), l'installation de ventilation pourra aussi introduire des aérosols polluants dans l'espace habité.

On sait que le radon et les produits de la désintégration du radon sont pour une bonne partie responsables de la radiation naturelle à laquelle est exposée la population en général [75]. Les mesures les plus efficaces pour enrayer le radon sont celles qui préviennent l'entrée de gaz souterrains environnants dans la maison. Proskiw [63], par exemple, a découvert qu'en faisant une dépressurisation sous le dallage, on peut réduire de 98 % le taux d'entrée de radon, alors qu'en augmentant la

2. EXIGENCES DE VENTILATION

ventilation mécanique, on n'obtient qu'un succès modéré.

Selon Santé et Bien-être social Canada [28], l'air intérieur d'une résidence devrait être assez libre de polluants biologiques, physiques et chimiques pour réduire au minimum les risques que peuvent encourir la santé et la sécurité des occupants, et à cette fin, le ministère a élaboré des lignes directrices relatives à l'exposition. L'exposition aux polluants dans la maison est plus critique que celle qui se produit sur les lieux de travail, car les gens passent plus de temps chez eux [28].

Kadulski [44] fait remarquer qu'un des grands problèmes de la pollution de l'air intérieur vient de ce que des niveaux de pollution intolérables pour une personne peuvent ne pas déranger une autre personne. Les symptômes les plus souvent associés à la mauvaise qualité de l'air ambiant sont les irritations de la gorge et de la peau, la gorge sèche, les maux de tête, la fatigue, la congestion des sinus et les difficultés respiratoires. La plupart des écrits sur la question ont un thème commun : le manque des données qu'il faudrait pour mesurer l'envergure des risques causés à la santé par la pollution de l'air intérieur.

TAUX RECOMMANDÉ DE VENTILATION PAR L'OCCUPANT

Le souci de conserver l'énergie, dès qu'il a pris naissance dans les années 1970, a entraîné des changements remarquables dans les taux de ventilation recommandés. C'est pour cette raison que la norme ASHRAE 62-81 a réduit ses taux recommandés de 7,5 à 2,5 L/s par personne. Selon Mattock et Rousseau [46], nombreux sont ceux jugeant que cette seule mesure est le facteur principal de la

poussée de problèmes de qualité de l'air dans les immeubles commerciaux tout au long des années 1980.

La norme ASHRAE 62-89, qui donne le taux minimum de ventilation recommandé pour les maisons individuelles, énonce ce taux d'une façon différente que par le passé. Le taux de ventilation des aires habitables est de 0,35 ra/h, mais ne doit pas descendre sous 7,5 L/s par occupant. Dans le calcul de ce taux de ventilation, on suppose qu'il y a deux occupants pour la chambre principale et un pour chacune des autres chambres. On recommande que la cuisine dispose d'une capacité d'évacuation intermittente de 50 L/s, ou d'une capacité continue de 25 L/s, ou encore qu'elle ait des fenêtres ouvrables. Les salles de bains devraient avoir une capacité d'évacuation intermittente de 25 L/s, ou une capacité continue de 10 L/s, ou encore une fenêtre ouvrable.

Le minimum prescrit par la norme CSA F-326 [19], pour l'ensemble de la ventilation fournie par une installation mécanique, est semblable (0,3 ra/h contre 0,35 ra/h) à ce qu'exige la norme ASHRAE 62-89 pour l'air extérieur; cette dernière norme suppose toutefois que dans les bâtiments résidentiels, « les normes de ventilation sont en général satisfaites par l'infiltration et la ventilation naturelle ». La norme CSA F-326 dicte également une gamme d'autres exigences minimales, quant à la distribution de l'air de ventilation, aux températures de l'air d'alimentation, aux méthodes d'installation, à l'effet maximum sur la dépressurisation du bâtiment, etc.

On se contente souvent d'indiquer le taux minimum de ventilation sous la seule forme de renouvellement d'air par heure. Cette façon de faire étant

2. EXIGENCES DE VENTILATION

basée sur le bâtiment, et non pas sur le mode d'occupation, il peut arriver que le nombre de renouvellements d'air requis ne donne pas une ventilation suffisante pour une petite maison et en donne trop dans une grande maison, si les deux ont le même nombre d'occupants. Il y a plus de chances que le taux de ventilation réponde aux besoins des occupants si l'on précise la vitesse du débit, soit par nombre d'occupants ou par nombre et type de pièces. Il est difficile de prévoir le nombre d'occupants d'une maison et les espaces qu'ils vont habiter à un moment ou à un autre. C'est pourquoi on pourra privilégier les méthodes basées sur le nombre et le type de pièces [46].

L'énoncé de l'ASHRAE [4] offre un calcul montrant qu'avec une ventilation de 7,0 L/s, la concentration de CO₂ ne dépasse pas 1 000 p.p.m., pour un adulte se limitant à des activités très légères. On y trouve aussi les taux de production humaine de CO₂ pour toute une gamme de rythmes d'activité.

TAUX DE VENTILATION POUR L'ÉLIMINATION DES POLLUANTS

Dans les pays du nord, l'inquiétude soulevée par les quantités de radon a mené à un taux minimum recommandé de ventilation de 0,5 ra/h. L'Agence internationale de l'énergie résume comme suit les travaux effectués sur les préférences et les besoins psychologiques de ventilation :

- Pour enlever l'humidité : de 5,6 à 11 L/s par personne (selon le climat et d'autres facteurs)
- Pour les odeurs corporelles : 8 L/s par personne (taux qui satisfait 80 % des gens)
- Pour le contrôle du CO₂ : de 4 à 8 L/s par personne
- Pour dissiper la fumée du tabac : de 8,3 à 19,4 L/s par personne

- Pour dissiper les matières organiques volatiles : on recommande l'élimination à la source et non pas la dilution par ventilation [53], [92]

- Ces valeurs ne s'additionnent pas.

DEGRÉS DE POLLUTION DANS LES MAISONS VENTILÉES

Dumont [23] a mesuré les concentrations de formaldéhyde, de radon et de bioxyde d'azote dans un certain nombre de maisons relativement étanches à l'air (une moyenne de 1,33 ra/h @ 50 Pa) de Saskatoon. Il a trouvé un taux élevé de formaldéhyde (>0,1 p.p.m., directive 62-1981 de l'ASHRAE) dans 18 maisons sur 46. Dans 12 maisons sur 44, le taux de radon dépassait la directive de l'USEPA (4,0 pCi/L). Aucune maison ne montrait un taux élevé de bioxyde d'azote. Les maisons sans installation de ventilation mécanique avaient toutes une plus forte concentration de formaldéhyde que celles munies de ce type d'installation. Le taux de formaldéhyde dépassait le taux recommandé dans la moitié des maisons sans ventilation mécanique, mais dans 27 % seulement des maisons pourvues d'une installation de ventilation mécanique. On sait que les effluents de formaldéhyde sont plus élevés dans les maisons humides, et ces maisons sont généralement mal ventilées. L'étude a constaté que les maisons à ventilation mécanique ont habituellement une meilleure qualité d'air intérieur que celles qui n'en ont pas, quand la ventilation est en marche, mais que la ventilation seule ne suffit pas à garantir des taux acceptables de pollution atmosphérique.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Proskiw [61], examinant les concentrations de polluants différents sur une période de plusieurs années, a constaté que la qualité de l'air était meilleure dans les maisons R-2000 que dans les maisons conventionnelles. La même étude a permis de déterminer que les corrélations statistiques étaient en général faibles entre les concentrations de polluants et l'ensemble des taux de renouvellement d'air. Proskiw en conclut que l'on devrait mettre plus d'efforts à chercher d'autres mesures d'élimination des polluants.

On a souvent dit qu'une humidité élevée dans la maison était généralement un indice de mauvaise qualité de l'air. Une étude menée dans des maisons en région nordique par Ferguson, Simek et Clark [31] n'a trouvé aucune corrélation entre l'humidité et la qualité de l'air intérieur, selon la mesure de la concentration de CO₂. C'est peut-être le signe qu'une installation de ventilation commandée par hygrostat ne suffit pas à garantir une qualité adéquate d'air intérieur.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

POLLUANT	ÉLIMINATION DE LA SOURCE	ENRAIEMENT DE L'HUMIDITÉ	ÉPURATION	VENTILATION
FORMALDÉHYDE	MEILLEUR MOYEN DE CONTRÔLE DU TAUX DE FORMALDÉHYDE	RALENTIT LES EFFLUENTS GAZEUX MAIS EN PROLONGE LA DURÉE	AUCUN EFFET	AUGMENTE LA QUANTITÉ D'EFFLUENTS GAZEUX (ET FAIT MONTER LE TAUX DE FORMALDÉHYDE) MAIS EN RACCOURCIT LA DURÉE
DÉRIVÉS DU TABAC	MEILLEURE SOLUTION	AUCUN EFFET	SOLUTION PARTIELLE - SAISIT LES PARTICULES (BONNE SURTOUT DANS LES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE À AIR PULSÉ)	COÛTEUSE PARCE QU'IL FAUT DES VOLUMES D'AIR TRÈS ÉLEVÉS
RADON	LA MEILLEURE SOLUTION EST DE NE PAS LAISSER ENTRER DE RADON DANS LA MAISON	AUCUN EFFET	RÉDUIT LA CONCENTRATION DE PARTICULES	PARTIELLE TOUT AU PLUS
HUMIDITÉ (GÉNÉRALE ET DU SOL)	ENRAYER LES SOURCES D'HUMIDITÉ DU SOL ET AUTRES SOURCES D'HUMIDITÉ GÉNÉRALE	À LA SOURCE	AUCUN EFFET	RÉDUIT LE TAUX D'HUMIDITÉ

2. EXIGENCES DE VENTILATION

POLLUANT	ÉLIMINATION DE LA SOURCE	ENRAIEMENT DE L'HUMIDITÉ	ÉPURATION	VENTILATION
HUMIDITÉ (PRODUITE PAR LES OCCUPANTS)	PAS PRATIQUE		AUCUN EFFET	MEILLEURE SOLUTION
SOUS-PRODUITS DE LA COMBUSTION	LA MEILLEURE SOLUTION EST LE TIRAGE PAR ASPIRATION OU DES APPAREILS HERMÉTIQUES	AUCUN EFFET	AUCUN EFFET	NI DÉSIKABLE NI SÉCURITAIRE
MICROBES	EFFET LIMITÉ	UNE HUMIDITÉ FAIBLE N'EST PAS UN BON MILIEU DE CROISSANCE	EFFET LIMITÉ	L'HUMIDITÉ RÉDUITE CRÉE UN MILIEU PEU PROPICE À LA CROISSANCE
CO, CO ₂ (OCCUPANTS)	AUCUN EFFET		AUCUN EFFET	MEILLEURE SOLUTION
MATIÈRES PARTICULAIRES	MEILLEURE SOLUTION		TRÈS BON AVEC LES FILTRES APPROPRIÉS	AUCUN EFFET

Stratégies pour l'élimination de divers types de polluants [44]

2. EXIGENCES DE VENTILATION

RECOMMANDATIONS

Il faudrait entreprendre des travaux correctifs dans les maisons où les quantités de polluants dépassent les directives ou les normes, et poursuivre les recherches afin de déterminer la nature et la force des sources de pollution dans les maisons.

Il est possible de maintenir des niveaux acceptables de qualité d'air dans les maisons du Canada grâce à une méthode à plusieurs volets :

- réduire le nombre de produits et de matériaux sources de polluants dans la maison;
- assurer une ventilation suffisante pour contrôler le taux de CO₂, l'humidité et les odeurs;
- éliminer les polluants particulaires par l'épuration de l'air;
- éliminer les polluants à la source;
- distribuer l'air de ventilation de façon adéquate;
- fournir des taux plus élevés de ventilation intermittente pour régler les problèmes occasionnels et temporaires de qualité de l'air intérieur; et
- installer des systèmes fiables et peu coûteux de capteurs et de commandes lorsqu'ils arriveront sur le marché.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

CONTRÔLER L'HUMIDITÉ ET ENRAYER LA CONDENSATION

Les maisons construites au Canada depuis dix ans sont de plus en plus étanches à l'air. Cette étanchéité grandissante a entraîné une réduction importante de l'infiltration naturelle d'air dans les maisons. Sans ventilation naturelle ou mécanique, les maisons étanches peuvent aspirer l'air saturé d'humidité qui se trouve dans l'enveloppe en hiver lorsque les maisons sont fermées. Souvent, la fréquence des renouvellements d'air ne suffit pas à contrôler le degré d'humidité de l'air intérieur. Un degré élevé d'humidité à l'intérieur est nuisible à la santé, surtout en hiver, et peut accélérer la décomposition des éléments de la cavité murale. Les codes du bâtiment tentent de prévenir ce problème, surtout au moyen d'exigences de ventilation mécanique.

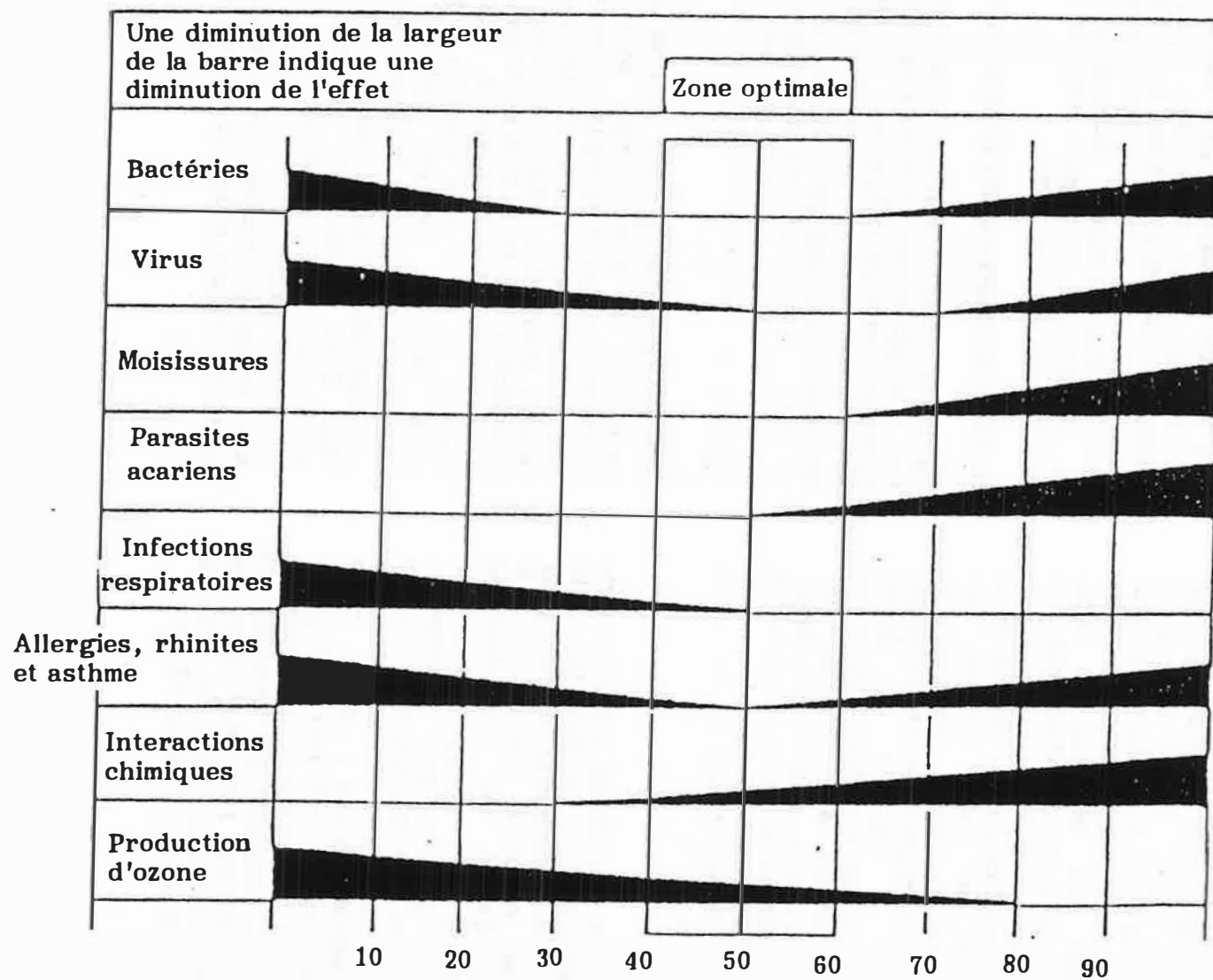
La quantité d'humidité pouvant être contenue dans l'air est fonction de la température. Plus elle est élevée, plus l'air peut contenir d'humidité. À chaque degré de température correspond un degré maximum d'humidité que l'air peut supporter. On exprime généralement la vapeur d'eau contenue dans l'air sous la forme « d'humidité relative » (HR). C'est aussi le rapport ou le pourcentage de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, comparé au maximum de vapeur d'eau que l'air peut supporter à toute température donnée. Si l'on refroidit de l'air qui a une HR de

100 %, il y aura précipitation d'eau sous la forme de condensation sur toute surface froide qui s'offre. La température sous laquelle l'air ne peut plus retenir l'humidité qu'il contient s'appelle le point de rosée. Il se dégage de plus en plus d'eau au fur et à mesure que la température descend sous le point de rosée. Sous le point de congélation, l'air peut supporter très peu de vapeur d'eau.

DEGRÉS ACCEPTABLES D'HUMIDITÉ

Le degré acceptable d'humidité a des limites supérieures et inférieures [88]. Pour des raisons d'hygiène, le taux d'HR devrait se situer entre 25 et 50 %, de préférence plus près de 50 que de 25 [88]. L'ASHRAE recommande une HR de 40 à 60 % pour des raisons d'hygiène. Les directives de Santé et Bien-être recommandent 30 à 50 % en hiver, tel que le rapporte Habitat Design & Consulting [46]. Si l'on veut empêcher la condensation sur les surfaces froides et aussi la croissance des moisissures, pendant l'hiver, il faudra peut-être maintenir une RH plus faible (de 30 à 35 % au milieu de l'hiver avec des fenêtres à vitrage double, et 40 % avec vitrage triple, CNR [52]). On dit qu'une HR intérieure de plus de 50 % accélère la propagation des infections virales. Le taux d'HR requis pour prévenir les problèmes de condensation varie selon la circulation de l'air et la température des surfaces froides telles que les murs extérieurs et les fenêtres [88].

2. EXIGENCES DE VENTILATION



1. Données insuffisantes au-dessus de 50 % HR.

Pourcentage d'humidité relative

2. EXIGENCES DE VENTILATION

IMPORTANCE DU CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ ET DE LA CONDENSATION

Des quantités de documents le confirment, la combinaison d'une forte humidité relative à l'intérieur et de faibles températures à la surface des murs favorise la croissance des moisissures sur les murs extérieurs et les plafonds. Habitat Design & Consulting [46] rapporte que des taux d'humidité élevés entraînent également une augmentation des acariens de la poussière et un prolongement de la survie des bactéries et des virus; d'autre part, des taux d'humidité très bas assèchent la peau et les muqueuses.

L'effet combiné de l'air humide et de la circulation de l'air à travers l'enveloppe de la maison peut causer des problèmes de condensation dans l'ossature. L'air se refroidit en passant vers l'extérieur à travers l'enveloppe, et lorsqu'il descend plus bas que le point de rosée, l'humidité se condense sur les surfaces adjacentes (dans les cavités du mur ou les combles). La condensation se produit d'habitude dans l'isolant ou sur la charpente en bois. À moins que l'humidité ne sèche rapidement, la moisissure ou la pourriture pourront s'y mettre et entraîner une rupture possible.

Une étude menée en 1982 par Marshall, Macklin, Monaghan Ltd. [85], à la demande de la SCHL, a permis de constater que les maisons ayant des problèmes d'humidité montraient certaines caractéristiques communes. Il s'agissait pour la plupart de maisons mitoyennes neuves dont le degré d'isolation et d'étanchéité à l'air allait de moyen à élevé, et où il n'y avait aucun conduit d'évacuation actif. Sur le nombre, 81 % avait un chauffage électrique à radiateurs-plinthes, la

plupart des autres se chauffant à l'aide de poêles à bois étanches à l'air. Une grande partie des maisons à problèmes d'humidité étaient dans les Maritimes, surtout à Terre-Neuve. On a estimé que 1,5 % de toutes les maisons construites entre 1973 et 1981 en vertu de la Loi nationale sur l'habitation (LNH) avaient des problèmes d'humidité. Selon le CNR [52], 21 % des logements bâtis à Terre-Neuve durant cette même période ont subi des méfaits de l'humidité. On a rapporté [52] qu'il y avait au Canada au moins 10 000 logements affligés de problèmes d'humidité assez graves pour entraîner des pertes financières. Le rapport n'indiquait pas dans quelle proportion ces problèmes d'humidité provenaient des conditions climatiques, d'installations de ventilation mal conçues ou d'une combinaison des deux.

SOURCES D'HUMIDITÉ DANS LES MAISONS CANADIENNES

White [88] estime qu'une famille typique de quatre personnes produit de 10 à 20 litres d'humidité par jour. Cette affirmation n'a toutefois pas été confirmée. Le rapport de Sunton [53] établit à 23 litres par jour la quantité d'humidité produite par une famille de quatre personnes. Les taux réels varient selon la saison et selon la vie des occupants.

Hydro Ontario rapporte [57] que dans une maison neuve, il s'échappe des matériaux de construction une grande quantité d'humidité, ordinairement 20 litres par jour la première année, 15 litres par jour la deuxième année et 10 litres par jour la troisième année et les années suivantes. Le CNR [52] a cerné les principales sources de cette humidité des premières années. Il s'agirait du bois de charpente, en général très humide, et du béton des fondations du sous-sol. On estime que

2. EXIGENCES DE VENTILATION

dans une maison ordinaire à un étage, le séchage de l'ossature en bois peut laisser s'échapper plus de 200 litres d'eau à l'intérieur. Le béton des fondations peut dégager plus de 2 000 litres d'humidité dans les deux premières années, la plus grande partie la première année [52].

FACTEURS INFLUANT SUR LES TAUX D'HUMIDITÉ

Marshall, Macklin, Monaghan Ltd. [85] ont découvert plusieurs facteurs contribuant de façon importante à la gravité des problèmes d'humidité dans les logements de la LNH. On y retrouve :

Le climat

- Un climat venteux, frais et très humide, surtout au printemps, prolongeant le temps requis pour assécher l'humidité dans l'enveloppe de la maison.
- La condensation d'eau sur les fenêtres, pouvant endommager les châssis ainsi que la cloison sèche sous les fenêtres.
- Des périodes de froid prolongées combinées à des taux d'ensoleillement peu élevés, entraînant une haute teneur d'humidité dans les murs extérieurs.

La production d'humidité

- Des taux élevés d'humidité intérieure produits par le mode d'occupation et de vie (douches, lavage de vaisselle, cuisine, humidificateurs, plantes, etc.), les eaux souterraines, des fissures dans le sous-sol, et l'âge de la maison.

CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ PAR L'ARCHITECTURE ET LES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

Un pare-air peut jouer un rôle important pour éviter les méfaits de l'humidité. Les dégâts sont plus fréquents dans les murs de l'étage que dans ceux du rez-de-chaussée d'une maison, probablement à cause de l'effet de cheminée (l'air frais s'infiltré dans les espaces du bas et l'air humide fuit par les ouvertures à l'étage supérieur). Les avaries causées par l'humidité dans les murs se retrouvent d'habitude tout près de points de fuites tels que les prises de courant. Dans les combles, les dégâts sont souvent le résultat de l'air intérieur humide qui s'y infiltre et se condense sur les éléments du toit, où il gèle et s'accumule. Plus tard, lorsque le temps se réchauffe, la glace fond et dégoutte sur l'isolant du plafond, ce qui peut entraîner le ramollissement et l'effondrement de la cloison sèche ou la pourriture des fermes.

Dans les zones climatiques à longues périodes de froid humide, il faut faire appel à une architecture très précisément adaptée et apporter une attention toute particulière à certains détails de construction afin de réduire la possibilités de problèmes d'humidité [85].

CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ PAR LA VENTILATION

La section qui suit a trait aux maisons à sources faibles ou modérées (normales) d'humidité. Elle ne s'applique peut-être pas aux maisons à sources importantes d'humidité (ex. sous-sols humides, plantes en grand nombre, bains de vapeur, etc.).

La quantité de ventilation mécanique nécessaire pour contrôler l'humidité

2. EXIGENCES DE VENTILATION

dépend de la température extérieure et de l'HR à l'intérieur et au dehors. Une humidité intérieure élevée se remarquera surtout lorsque les fenêtres sont à leur plus froid. L'air froid du dehors contenant peu d'humidité, l'air de ventilation n'en amène pas beaucoup dans la maison. Il n'y a donc pas de grande variation dans la quantité de ventilation requise durant les périodes de grand froid, que l'humidité relative de l'air extérieur soit très forte ou très faible [88].

Les surfaces intérieures des fenêtres se réchauffent en même temps que l'air extérieur. La ventilation requise pour empêcher la condensation se réduit, atteignant son minimum lorsque l'air du dehors est à environ -3°C , si l'humidité relative extérieure est de 100 %. À des taux moins forts d'humidité relative extérieure, la ventilation minimum requise diminue et se produit à une température plus élevée. Si l'humidité relative est d'environ 40 % ou moins à l'extérieur, il n'y a pas de minimum sauf là où la température est la même au dehors et en dedans.

Si l'humidité relative extérieure reste constante alors que la température extérieure augmente jusqu'à dépasser le point où se situe le taux minimum, la quantité requise de ventilation augmente aussi [88]. La quantité plus forte d'humidité apportée par l'air extérieur renverse l'effet de la surface intérieure plus chaude des fenêtres. Quand la température de l'air extérieur complètement saturé s'approche de la température intérieure, il faut un débit de plus en plus fort à cause des grandes quantités d'humidité qui entrent de l'extérieur.

La ventilation, comme moyen de contrôle de l'humidité, sera moins

efficace en automne parce que la capacité asséchante de l'air extérieur est alors à son minimum et que l'humidité produite par les occupants s'additionne de celle qui s'échappe des matériaux de construction et du mobilier après s'y être accumulée durant les temps humides de l'été [52].

À Toronto, en se basant sur les conditions atmosphériques quotidiennes moyennes de janvier, on éliminerait 1,04 L d'humidité par heure avec une ventilation de 75 L/s. Pour une famille ordinaire de quatre personnes, un tel taux d'évacuation permettrait de garder l'humidité en-dessous de 30 % [52]. Sunton Engineering a démontré que dans une maison de 478 m³, le taux de ventilation requis pour empêcher la condensation sur les fenêtres serait comme suit : 1,02 ra/h avec vitrage simple; 0,3 ra/h avec vitrage double; et 0,2 ra/h avec vitrage triple [53]. Selon White [88], avec un taux de production d'humidité raisonnablement fort (20 L/jour), le taux de renouvellement d'air doit dépasser 0,25 ra/h si l'on veut éviter la condensation sur des fenêtres à vitrage double. Le taux était inférieur à 0,14 ra/h pour la plupart des températures et des humidités extérieures. Ces taux sont plus bas que ceux que l'on recommande actuellement pour un contrôle général de la qualité de l'air. Cela veut peut-être dire que si l'on voit de la condensation sur des fenêtres à vitrage double, le taux de ventilation est beaucoup trop faible pour garantir une qualité d'air suffisante.

Les taux de renouvellement d'air requis pour assurer une bonne ventilation sont tout spécialement forts dans les régions côtières à températures extérieures relativement élevées (pendant la plus grande partie de la saison de chauffage). Selon la

2. EXIGENCES DE VENTILATION

SCHL [14], la ventilation comme moyen de contrôle de l'HR perd de son efficacité à mesure qu'augmentent les températures extérieures. Un déshumidificateur peut représenter une option utile si les températures de la maison sont assez élevées pour en permettre le fonctionnement efficace. En plus d'une ventilation suffisante, la SCHL [14] affirme qu'il faut s'assurer d'une bonne circulation de l'air à l'intérieur du logement pour empêcher la formation de poches d'air à HR relativement forte.

Le contrôle de l'HR par la ventilation, s'il n'est pas proprement effectué, peut en soi créer ou aggraver des problèmes d'humidité. Une installation de ventilation positive peut faire pénétrer dans la charpente de l'air imprégné d'une humidité qui s'y condensera et pourra en entraîner la dégradation. Par ailleurs, une installation de ventilation à contre-pression peut aspirer de l'air froid à travers l'ossature et refroidir les surfaces intérieures assez pour qu'il s'y produise de la condensation [52].

Les systèmes de ventilation conçus pour contrôler l'HR des maisons fonctionnent d'habitude de façon continue, par commande manuelle ou par hygrostat. Buchan, Lawton, Parent [11] ont constaté que bien des hygrostats offerts sur le marché manquaient d'exactitude. Ils arrivent toutefois à faire baisser les crêtes des courbes d'humidité relative. Les hygrostats ne sont pas très efficaces pour le contrôle du taux moyen d'HR; cette fonction est toutefois moins importante que le contrôle des maximum. C'est en effet aux taux maximum d'HR que les conditions de point de rosée sont le plus susceptibles de se produire. Les hygrostats sont à leur meilleure efficacité lorsque situés près des sources d'humidité et s'ils étaient plus fiables, on obtiendrait un

meilleur contrôle des taux d'HR à l'aide d'hygrostats combinés à des ventilateurs d'aération.

IMPLICATIONS ÉNERGÉTIQUES DU CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ

On peut réduire les taux d'humidité par le contrôle à la source et en se servant de déshumidificateurs (ils ne sont efficaces qu'avec des taux d'HR dépassant 40 %, selon un des rapports [52], et 50 % selon T.E.S. Ltd. [75]), mais la méthode la plus efficace pour y arriver dans les régions à HR extérieure faible, c'est la ventilation [88]. L'énergie utilisée pour faire fonctionner un déshumidificateur ne se perd pas, mais peut fournir à la maison une forme de chauffage, sauf pour l'énergie perdue dans l'eau de condensation qui est drainée.

Le contrôle de l'HR par la ventilation consomme de l'énergie parce qu'il faut chauffer l'air froid d'alimentation [88]. À des températures plus élevées, lorsque l'HR de l'extérieur dépasse 60 %, il devient impossible de conserver le taux de 50 % à l'aide de la ventilation seulement. Dans la plupart des conditions, l'énergie requise pour enlever l'humidité par ventilation est de l'ordre de 2 à 3 kWh/litre. C'est peut-être beaucoup plus d'énergie que n'en exige un déshumidificateur durant la saison de chauffage, quand l'énergie utilisée pour faire fonctionner le déshumidificateur sert aussi au chauffage la maison. À un tarif d'environ 0,05 \$ le kWh, le coût total de l'énergie nécessaire pour enlever 10 litres d'humidité par jour pendant une saison de chauffage de 200 jours serait de l'ordre de 200 à 300 \$, et plus près de 200 \$ dans la plupart des régions du Canada. L'énergie requise pour ventiler une maison par des moyens mécaniques s'ajoute à ce coût. Vu l'efficacité des groupes motoventilateurs utilisés ordinairement

2. EXIGENCES DE VENTILATION

motoventilateurs utilisés ordinairement pour les installations de ventilation domestique, les coûts de la ventilation mécanique sont plus élevés qu'il ne le faut [88]. Avec un ventilateur

utilisant 60 watts de puissance, l'énergie électrique consommée durant la saison de chauffage serait approximativement de 1 GJ, et coûterait environ 15 \$.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

EXIGENCES RELATIVES À L'AIR DE COMPENSATION

L'air de compensation est l'air que l'on fait entrer dans un bâtiment, par une ouverture passive intentionnelle ou par un ventilateur à moteur, afin de remplacer l'air qui est évacué de ce bâtiment par une ouverture passive intentionnelle ou par un ventilateur à moteur. L'air de compensation sert à la ventilation et à réduire ou à éliminer la contre-pression causée dans le bâtiment par les dispositifs d'extraction d'air. Les entrées passives d'air de compensation utilisent la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur que créent les dispositifs d'extraction. Cette différence de pression déclenche le mouvement de l'air du dehors vers l'intérieur du bâtiment.

Les prises d'air passives ne peuvent jamais réduire à zéro les pressions de l'édifice au niveau de la prise, parce qu'il leur faut une certaine différence de contre-pression pour fonctionner. La différence de pression étant relativement petite entre l'intérieur et l'extérieur, il faudra peut-être de grandes ouvertures pour fournir assez d'air de compensation. Les ventilateurs d'air de compensation fonctionnant à l'électricité peuvent faire entrer assez d'air pour remplacer l'air évacué, de façon à maintenir un équilibre de pression neutre; il faut cependant faire bien attention au moment de choisir de tels ventilateurs car ils peuvent, s'ils sont mal dimensionnés, introduire plus d'air qu'il n'en est évacué, et pressuriser ainsi le bâtiment.

IMPORTANTANCE ET SIGNIFICATION DE L'AIR DE COMPENSATION

L'air de compensation est important.

Sans lui, les dispositifs d'extraction pourraient créer des différences de contre-pression suffisantes pour empêcher les appareils à combustion (par ex. les générateurs de chaleur) et les foyers d'évacuer les produits de la combustion. La contre-pression peut entraîner la pénétration du radon ou de gaz des égouts dans la maison. Plus l'enveloppe est étanche, à moins qu'il n'y ait aucun appareil à combustion présentant un risque de refoulement des gaz, ni problèmes de gaz souterrains, et plus il est important d'avoir une source d'air de compensation. En effet, l'infiltration d'air peut ne pas suffire à maintenir des niveaux acceptables de pression dans la maison. Les appareils à combustion à tirage naturel ne concurrencent pas bien les dispositifs d'extraction fonctionnant à l'électricité. La plupart des ventilateurs extracteurs l'emportent presque toujours, selon la SCHL [14], à moins que l'on ne s'assure d'une alimentation adéquate en air de compensation.

EXIGENCES RELATIVES À L'AIR DE COMPENSATION

La quantité d'air de compensation nécessaire varie selon le degré maximum acceptable de dépressurisation, l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment et la quantité d'air évacué.

Selon une étude récente de Hamlin, Forman et Lubin [35] :

- plus de 95 % des maisons neuves ont des sècheuses à linge
- plus de 70 % des maisons neuves ont des ventilateurs de salle de bains ou des hottes d'évacuation dans la cuisine

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Appareil	Débit libre (L/s)	Pression de détachement (Pa)
Générateur de chaleur/foyer	25	25
Chauffe-eau/foyer	10	10
Foyer	110	40
— feu brûlant	variable	3
— feu couvant		
Hotte de cuisinière	70	50
Ventilateur de gril	120	300
Ventilateurs aspirants de salles de bains	20	30
Sécheuses	65	70

Débits et pressions de détachement types [35]

2. EXIGENCES DE VENTILATION

- plus de 50 % des maisons neuves ont un système de chauffage à combustion
- environ 40 % des maisons neuves ont un foyer, et
- environ 30 % des maisons neuves sont munies d'un aspirateur central.

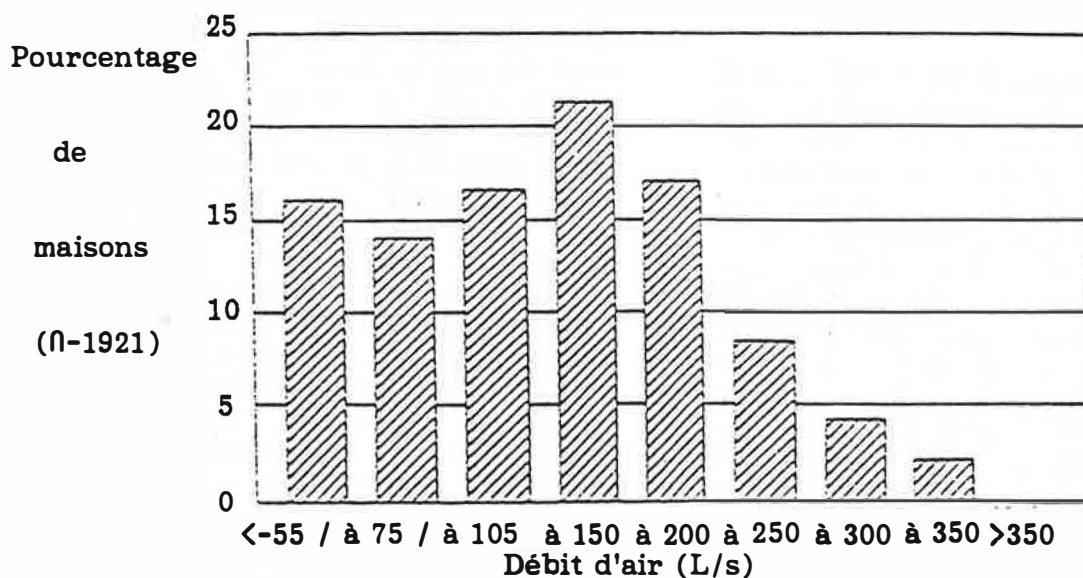
Ces renseignements permettent de croire, raisonnablement, que la maison neuve typique contient au minimum une sècheuse et un ventilateur de cuisine ou de salle de bains. Ces appareils extracteurs, s'ils fonctionnent de concert, fournissent un débit d'air d'environ 110 L/s en moyenne. Selon Hamlin et al., [35] le fonctionnement

de ces ventilateurs pourrait faire tomber de 5 Pa la pressurisation de certaines maisons. Il s'agit là d'une limite logique à la perte de pressurisation car au-dessus, les cheminées auront du mal à créer un courant suffisant pour évacuer les produits de la combustion. S'il y a également un aspirateur central dans la maison, le débit d'extraction pourra atteindre 80 à 140 L/s. Avec un foyer, le débit d'extraction peut s'élever à entre 225 et 285 L/s. La perte de pressurisation provoquée par ces dispositifs d'extraction est proportionnelle au manque d'étanchéité de l'enveloppe [35].

2. EXIGENCES DE VENTILATION

<u>Endroit</u>	<u>Nombre de maisons</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Débit d'air minimum</u>	<u>Débit d'air maximum</u>
Québec	20	62,3	39,1	161,1
Winnipeg	20	69,0	30,5	156,4
Montréal	20	74,2	31,7	128,1
Regina	10	89,0	41,2	131,9
Saskatoon	10	102,7	64,7	141,6
Halifax	12	109,2	39,2	256,5
Fredericton	10	104,0	60,4	162,6
Edmonton	10	119,0	61,3	212,9
St. John's	10	120,6	70,1	197,6
Ottawa	20	168,9	89,4	238,4
Toronto	30	178,7	81,9	315,8
Vancouver	20	221,3	97,5	338,5
Canada	192	123,5	30,5	338,5

**Quantité d'air requise (L/s) pour faire baisser
la pressurisation des maisons neuves de 5 Pa [35]**



**Débit d'air requis pour créer une perte
de pressurisation de 5 Pa [35]**

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Une baisse de pressurisation de 5 Pa au démarrage risque de causer le refoulement de produits de la combustion si l'on utilise des appareils de chauffage à combustion dans la maison. Selon l'étanchéité à l'air de la maison, on a constaté que des débits d'air d'évacuation se situant entre 30,5 L/s et 338,5 L/s étaient capables de créer une contre-pression de 5 Pa ou plus. Le tableau ci-dessus, tiré d'une étude portant sur 200 maisons de plusieurs villes canadiennes [35], montre les débits minimum et maximum moyens dont on a constaté qu'ils étaient capables de créer une contre-pression de 5 Pa ou plus.

Les résultats du deuxième tableau ont été combinés à d'autres données afin de déterminer la probabilité que des maisons aient une capacité de ventilation pouvant créer une contre-pression de 5 Pa. Les résultats apparaissent dans le graphique qui suit.

Selon les résultats, il semblerait que si une maison ordinaire est munie d'un ventilateur d'extraction d'une capacité de débit de 55 L/s et d'une sècheuse de 55 l/s de débit d'air, ce qui donne une capacité potentielle d'évacuation de 110 L/s, un tel débit d'évacuation entraînerait une perte de pression de 5 Pa ou plus dans près de 50 % des maisons étudiées en [35]. Dans le passé, la plupart des maisons canadiennes n'avaient par ce problème car les ventilateurs d'extraction ne fonctionnaient pas bien. À l'heure actuelle, il y a des pressions (CNB 1990, etc.) pour que l'on s'assure du bon fonctionnement des ventilateurs.

En plus des exigences relatives à l'air de compensation des ventilateurs et

autres appareils extracteurs, les appareils à combustion exigent aussi de l'air pour la combustion et la dilution. Selon Howell-Mayhew Engineering [38], par exemple, une maison ordinaire de l'Alberta munie d'un générateur au gaz à prise d'air de 34 kW et d'un chauffe-eau à prise d'air de 14 kW exigerait 23 L/s d'air de combustion.

SECTIONS DES PRISES D'AIR DE COMPENSATION

Selon Habitat Design & Consulting [46], comme on ignore d'habitude l'emplacement des fuites d'air de la maison, on ne tient souvent pas compte de l'infiltration naturelle par les ouvertures non intentionnelles au moment de dimensionner les prises d'air de compensation. En ne tenant pas compte de l'infiltration naturelle, il faut dimensionner la prise ou le ventilateur d'air de compensation selon les débits d'évacuation prévus. La limite acceptable de contre-pression précisée par la norme CSA F326 est de 5 Pa lorsqu'il y a des appareils à tirage naturel, à moins que la limite définie par le fabricant ne soit supérieure, et de 10 Pa lorsqu'il n'y en a pas.

La section des prises d'air de compensation devrait offrir la capacité d'extraction de base de l'installation de ventilation de la maison, et satisfaire aussi à des exigences spéciales reliées à l'apport d'air de compensation nécessaire aux gros ventilateurs ou appareils extracteurs [46]. En pratique, ce sont habituellement les appareils extracteurs à forte capacité tels les foyers à tirage par en bas et les foyers ouverts qui causent une perte excessive de pressurisation [46].

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Débit d'air de compensation passant à travers des conduits de longueur équivalente à 20M (L/s) - BLP [13]

Section du conduit pression (mm)	Différence de pression	
	5 Pa Débit (L/s)	10 Pa Débit (L/s)
75	<5	5
100	8	11
125	15	22
150	25	35
175	40	50
200	55	75
225	80	110
250	100	140

MODES D'ALIMENTATION EN AIR DE COMPENSATION

L'air de compensation peut être amené soit par une ouverture passive ou par ventilateur.

Les ouvertures passives sont habituellement reliées à un réseau de conduits pour que l'air de compensation puisse être distribué. À l'extérieur, il y a d'habitude un capuchon protégeant l'ouverture contre les intempéries ainsi qu'une grille pour la protéger des rongeurs. Le capuchon et la grille augmentent la résistance au débit d'air et il faut en tenir compte en dimensionnant le système d'air de ventilation. Si un conduit est attaché à l'ouverture, il faut l'isoler et le couvrir d'un pare-vapeur en polyéthylène afin d'empêcher la condensation. Selon Buchan, Lawton et Parent [13], l'air de compensation fourni par un ventilateur devrait réduire au minimum l'inconfort des occupants. Il se peut aussi qu'il faille trouver moyen de relier le ventilateur et le(s) dispositif(s) d'extraction [13]. Le contrôle du débit peut également s'avérer nécessaire si l'on veut réduire les répercussions sur les coûts de chauffage [13]; de plus, il faut tenir

compte de la possibilité d'une pressurisation excessive de la maison, et régler le problème au besoin. BLP [13] ont mis au point et soumis à des essais un prototype de commande de pression qui sera décrit au chapitre intitulé « Dispositifs d'air de compensation ».

TEMPÉRER L'AIR DE COMPENSATION

On l'a déjà mentionné, l'air de compensation entrant dans les logements en hiver peut constituer une source d'inconfort sérieux à moins qu'on ne le réchauffe avant de le laisser pénétrer dans les aires habitées [13], [46]. Il est nécessaire de tempérer l'air extérieur pour des raisons de confort dans tous les climats ou presque. On y arrive en réchauffant l'air au moyen d'un échangeur de chaleur air-air ou d'un ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC), un calorifère central, un radiateur et des conduits d'air pulsé, ou une combinaison de ces dispositifs. On peut aussi tempérer l'air en faisant entrer l'air du dehors à un endroit où il se mélange à de l'air réchauffé avant de pénétrer dans les aires habitées. La méthode la plus répandue est celle faisant appel à un générateur de chaleur ou à un VRC. On tempère également en se servant de prises d'air placées en partie haute des murs, mais l'usage de cette méthode est généralement limité aux climats plus doux. La combinaison radiateur et conduits d'air pulsé pourrait devenir une façon populaire de tempérer l'air, et on l'utilise souvent avec un VRC afin de réchauffer ou de dégivrer; mais les conduits de chauffage électrique doivent être utilisés de concert avec un ventilateur à verrouillage [13]. Certaines applications font appel à des tuyaux à eau chaude en forme de boucles installés dans les conduits d'air de compensation. L'eau chaude est

2. EXIGENCES DE VENTILATION

amenée dans les boucles depuis une chaudière centrale ou un chauffe-eau domestique. C'est malheureusement un

type d'installation susceptible de connaître bien des problèmes reliés au gel dans les climats froids [13], [46].

2. EXIGENCES DE VENTILATION

EFFICACITÉ DE LA VENTILATION ET DE LA DISTRIBUTION

Les scientifiques de la construction reconnaissent généralement que pour être hygiéniques et confortables, les maisons étanches à l'air exigent une installation de ventilation en air frais. Cependant, la simple introduction d'air frais dans une maison ne suffit pas à garantir une qualité satisfaisante d'air intérieur dans toutes les pièces et tous les espaces habités, et il est tout aussi important de voir à la bonne distribution de l'air frais qu'à son introduction. Le système de distribution doit faire en sorte que l'air frais soit bien diffusé dans toutes les pièces et que cet air ne nuise pas au confort, surtout durant l'hiver.

TAUX DE VENTILATION RECOMMANDÉS

Les codes et les normes recommandent en général des taux de ventilation continue se situant entre 0,3 ra/h et 0,5 ra/h pour les habitations. On reconnaît aussi maintenant l'importance de la distribution de l'air de ventilation et le besoin d'exprimer le taux de ventilation requise pièce par pièce. Selon la norme CSA F326 [19], chaque type de pièce a un minimum acceptable requis d'alimentation en air frais : 5 L/s par pièce sauf pour le sous-sol et la chambre des maîtres. Dans le cas des pièces à haute production de polluants, comme les cuisines et les salles de bains, il y a une exigence quant au minimum intermittent exigé et aussi quant au taux d'évacuation permanent (50/30 L/s pour les cuisines et 25/10 L/s pour les salles de bains). Ces exigences pièce par pièce sont généralement satisfaites grâce à un système de distribution de la ventilation. L'installation de ventilation doit être conçue pour un fonctionnement continu.

DIFFUSION DE L'AIR DE VENTILATION DANS TOUTE LA MAISON

L'air de ventilation peut être distribué dans toute la maison soit grâce à son propre réseau spécial de conduits, comme dans le cas des maisons chauffées par des radiateurs électriques, ou grâce au réseau de conduits de chauffage/refroidissement (voir Jones [43], et BLP [12]). Selon Caneta Research [21], bien que les conduits de chauffage et de refroidissement puissent ne pas distribuer la quantité désirée d'air frais dans chacune des pièces de la maison, à cause de fuites dans les conduits et du fait que les critères de base de leur conception visaient d'abord la diffusion d'un chauffage suffisant, ce mode de distribution crée un bon mélange dans l'air de la maison, diluant ainsi les concentrations de polluants aux endroits où ils sont produits. Une installation de chauffage et de refroidissement à air pulsé mélange l'air provenant de toutes les pièces, ce qui peut améliorer l'efficacité de la ventilation en augmentant la fréquence des renouvellements d'air dans chaque pièce desservie par le réseau de conduits. Comme le souligne Habitat Design & Consulting [46], cependant, si l'installation à air pulsé doit fonctionner en mode continu, il se peut que les emplacements des prises d'air convenant au chauffage ne conviennent pas à l'alimentation en air de ventilation, surtout durant les cycles d'arrêt du générateur de chaleur, à cause de la basse température de l'air d'alimentation durant l'hiver. Le système le plus efficace, selon Sunton [53] et Caneta Research [21], est une installation de ventilation équilibrée qui fournit l'air de ventilation et évacue une quantité égale d'air vicié.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

L'utilisation d'un système de distribution d'air frais offre aussi la possibilité d'épurer l'air, comme le montre Solplan [44]. En plus des matières particulaires produites à l'intérieur, l'air frais peut contenir des quantités importantes de particules en certaines saisons. Un système à haut rendement d'épuration de l'air pourra enlever la plus grande partie de ces polluants.

Dans les maisons chauffées à l'aide de radiateurs électriques, Caneta Research [21] a constaté que l'addition d'une installation limitée de diffusion d'air frais, munie de conduits à petite section et fonctionnant de concert avec des ventilateurs améliorés de cuisine et de salle de bains, semble fournir une bonne distribution d'air frais. Dans une installation de ce type, idéalement, il devrait y avoir une sortie d'air dans chaque pièce; cependant, Caneta Research [21] a montré que dans une maison à concept relativement ouvert, même un petit nombre de prises d'air disposées à des endroits stratégiques et utilisées de concert avec les ventilateurs extracteurs de cuisine et de salle de bains pouvaient donner une qualité d'air intérieur satisfaisante. Dans les maisons où les prises d'air et les points d'évacuation sont en nombre limité, et où il n'y a pas d'entrée d'air frais dans chaque pièce, le parcours suivi par l'air dans la maison est d'une importance toute particulière. La technique de ventilation la plus efficace dans une telle situation consiste à faire entrer l'air à une extrémité de la maison et à l'évacuer à une autre extrémité. Si les points d'évacuation sont situés dans des pièces comme les salles de bains et les cuisines, où sont produites de grandes quantités de polluants, l'efficacité d'ensemble de la ventilation s'en voit renforcée [46]. Les installations de ventilation mécanique ne sont pas sans inconvénients, le principal étant peut-

être que les occupants peuvent en arrêter le fonctionnement, et le font souvent, la plupart du temps à cause de problèmes de bruit ou d'inconfort attribuables à une installation de ventilation mal conçue et mal posée.

DISTRIBUTION DE L'AIR DE VENTILATION DANS UNE SEULE AIRE OU UNE SEULE PIÈCE

Les dispositifs de diffusion permettant à l'air de traverser une pièce sans se mêler à l'air d'une zone habitée sont sujets à des courts-circuits, entre l'alimentation et la reprise d'air, et d'efficacité inférieure [44], [46]. Dans une pièce, la région où la ventilation est essentielle s'étend d'environ 75 mm à environ 1 800 mm au-dessus du plancher. Il est très important que l'air de ventilation soit complètement mélangé dans cet espace si l'on veut obtenir un confort satisfaisant et une ventilation efficace. On pourra créer des problèmes d'inconfort en introduisant de l'air froid dans la pièce au-delà ou en deçà de ces deux mesures. C'est pourquoi on recommande habituellement que les prises d'air soient pratiquées dans la partie haute des murs intérieurs [46]. L'air froid introduit à une bonne hauteur peut se mêler à l'air tiède de la pièce avant d'entrer dans l'aire habitée. La figure ci-dessous donne des exemples de méthodes efficaces et inefficaces d'introduire de l'air frais à basse température dans une pièce.

Dans la plupart des cas, l'air de ventilation n'est pas fourni et évacué de chaque pièce d'une maison. Lorsque l'air de ventilation est amené dans chaque pièce, on le laisse en général trouver son propre chemin vers un point d'évacuation, et ce chemin est souvent entrecoupé de portes. Il y a des moyens de permettre à l'air de ventilation de traverser des portes fermées, si nécessaire, soit en

2. EXIGENCES DE VENTILATION

laissant un jeu sous la porte ou en installant une grille dans la porte.

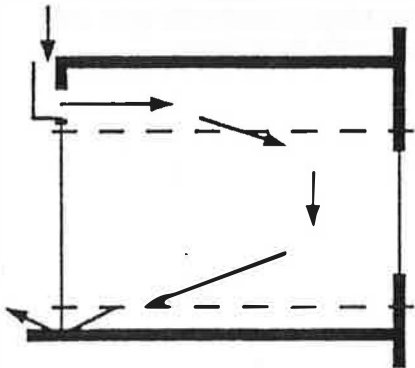
On ne devrait pas utiliser de prises d'air frais au niveau du sol lorsque l'on s'attend à une alimentation continue en air froid tout au long de l'hiver, à moins que cet air ne soit tempéré de quelque façon avant d'entrer dans la pièce. Autrement, selon Habitat Design & Consulting [46], l'air froid

de ventilation ainsi introduit peut s'accumuler au ras du sol, se déplacer et sortir sous une porte ou par une porte ouverte sans s'être mélangé à l'air de la zone habitée. Là où l'air de ventilation entre dans une aire habitable, selon White [86], il devrait être tempéré et diffusé de façon à éviter de créer une sensation de courant d'air à quelque endroit que ce soit et quelle que soit la saison.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

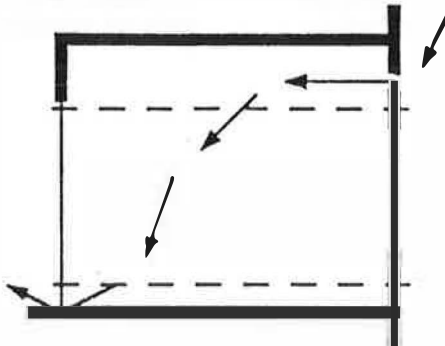
La ventilation efficace d'une pièce est fondée sur le mélange de l'air dans l'espace habité. Certaines configurations de circulation de l'air tendent à créer un « court-circuit » avant de pénétrer complètement dans l'espace habité.

EFFICACE



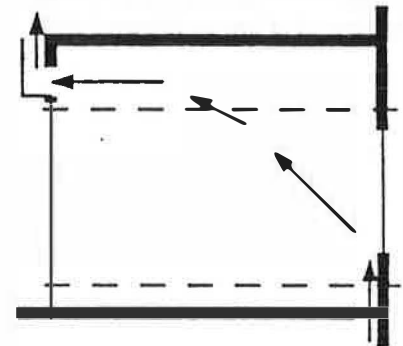
Paroi latérale élevée;
alimentation; jeu sous
la porte; sortie

EFFICACE



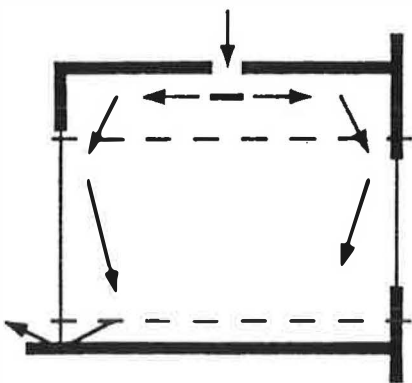
Ouverture placée dans la
partie haute du mur;
alimentation; jeu sous la
porte; sortie

EFFICACE



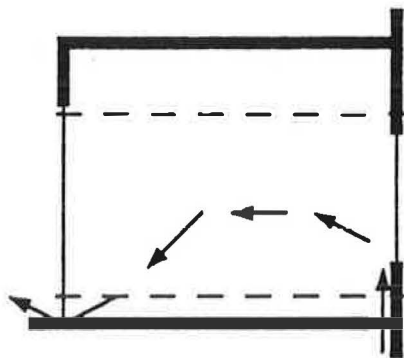
Périmètre du plancher;
alimentation; paroi
latérale élevée; sortie

EFFICACE



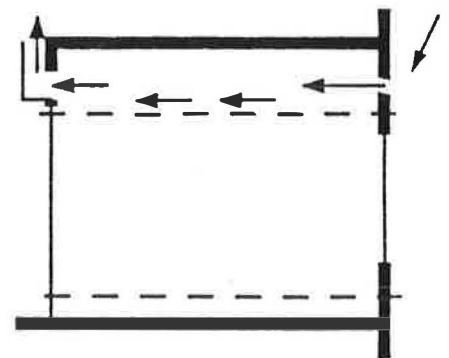
Diffuseur au plafond;
alimentation; jeu sous
la porte; sortie

MOINS EFFICACE



Périmètre du plancher;
alimentation; jeu sous
la porte; sortie

MOINS EFFICACE



Ouverture placée dans la partie
haute du mur; alimentation; paroi
latérale élevée; sortie

Efficacité de la ventilation dans une pièce

2. EXIGENCES DE VENTILATION

CODES ET NORMES

La qualité de l'air intérieur préoccupe de plus en plus les scientifiques de la construction et les organismes de réglementation du Canada et de bien d'autres pays. C'est pourquoi il y a actuellement plusieurs codes et normes relativement à la ventilation à l'air frais. Les normes ne sont pas nécessairement obligatoires. Elles servent le plus souvent de directives ou de modèles en vue de leur adoption ou de leur inclusion possible dans les codes de loi qui régissent la construction résidentielle. Les normes peuvent expliquer en détail des exigences prescrites qui seraient trop longues pour être incluses dans un code complet du bâtiment. Les codes peuvent cependant ne faire que mentionner une norme. Il arrive parfois qu'un code adopte telle quelle une partie d'une norme afin de remplir un besoin précis.

Le Code national du bâtiment du Canada est un modèle de code dont les provinces peuvent se servir. La plupart des provinces adoptent le Code national du bâtiment, mais plusieurs d'entre elles y apportent les modifications nécessaires pour qu'il convienne à leurs conditions et à leurs besoins réels ou perçus. Ces dernières années, plusieurs provinces ont apporté des modifications importantes aux exigences de ventilation énoncées dans le Code national du bâtiment.

NORMES DE VENTILATION

Il y a plusieurs façons de préciser des exigences en matière de ventilation. Ces dernières années, au Canada, on a plutôt tendance à éviter de spécifier un simple nombre de renouvellement d'air par heure (ra/h), pour donner plutôt des exigences pièce par pièce

qui tiennent compte du besoin de distribuer l'air de ventilation dans les aires occupées d'un logement.

Normes canadiennes

La norme principale en matière d'exigences de ventilation au Canada est la norme CSA F326 « Ventilation mécanique des habitations ». La norme F326 [19] reconnaît l'importance de la distribution de l'air de ventilation. Voilà pourquoi c'est pièce par pièce qu'elle exprime le taux de ventilation requis. Elle donne aussi un taux minimum de renouvellement d'air, pour l'ensemble de la maison, de 0,3 ra/h. Il y a une exigence minimum d'alimentation en air frais pour chaque type de pièce selon l'utilisation qui en est faite. La chambre des maîtres et le sous-sol requièrent 10 L/s, et les autres pièces habitables, 5 L/s. Dans les pièces produisant une grande quantité de polluants, comme les cuisines et les salles de bains, le taux minimum intermittent d'évacuation est de 50 L/s pour une cuisine et de 25 L/s pour une salle de bains. Le taux d'évacuation continue est de 30 L/s pour une cuisine et de 10 L/s pour une salle de bains.

Les exigences de ventilation détaillées pièce par pièce sont généralement respectées à l'aide d'un système de distribution de la ventilation, qui doit être conçu pour pouvoir fonctionner sur un mode continu. La norme CSA F326 [19] a déjà reconnu aussi le besoin d'une capacité de ventilation supérieure à des heures de pointe de production de polluants, mais ces exigences particulières n'apparaissent plus dans la norme. Le Comité de l'article 9 du Code national du bâtiment (CNB) étudie la possibilité d'adopter une partie ou la totalité de la norme CSA F326 dans l'édition de 1995 du Code.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Les exigences minimum de ventilation du Programme canadien R2000 sont une installation de ventilation à capacité de 5 L/s en fonctionnement continu par pièce habitée et de 10 L/s pour la chambre des maîtres et les sous-sols non finis. Le taux maximum continu n'a pas à excéder 0,45 ra/h (selon les stipulations relatives à une alimentation continue en air de ventilation, les cycles d'arrêt de l'installation ne doivent pas dépasser une heure dans toute période de deux heures). Comme dans la norme CSA F326, on exige une capacité d'extraction de 25 L/s dans chaque salle de bains et de 50 L/s dans les cuisines. Avec une évacuation continue dans ces pièces, on peut réduire les taux à 15 et à 30 L/s respectivement. L'installation de ventilation ne doit pas créer de contre-pression ni de pression positive dépassant 10 Pa sur l'ensemble de l'enveloppe. Quand elle fonctionne conjointement avec d'autres dispositifs d'extraction intermittente, l'installation de ventilation ne doit pas contribuer à une différence de pression de plus de 20 Pa sur l'enveloppe.

On a changé en 1984 la norme CSA Z240, ayant trait aux maisons transportables, afin d'y inclure une exigence d'installation de ventilation capable de fournir 0,5 ra/h tel que le stipule le Code national du bâtiment de 1985.

Normes des É.-U.

La norme ASHRAE 62-1989, intitulée "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality" (« Ventilation nécessaire à une qualité suffisante d'air intérieur »), est la principale norme nord-américaine en matière de ventilation résidentielle en air frais. Elle est aussi très utilisée ou citée à l'échelle internationale.

Les taux de ventilation recommandés ont changé radicalement dans les années 1970 sous l'effet des préoccupations relatives à la consommation d'énergie. On a réduit les taux dictés par la norme ASHRAE 62-81 de 7,5 L/s à 2,5 L/s pour cette raison. Cette mesure seule est maintenant perçue par plusieurs comme la raison première de tous les problèmes de qualité de l'air qui sont apparus dans les immeubles commerciaux au long des années 1980 [46].

La norme ASHRAE 62-89 énonce de façon différente que par le passé les taux minimum de ventilation recommandés pour les maisons individuelles. Le taux pour les aires d'habitation est de 0,35 ra/h. Le renouvellement d'air total ne doit pas être inférieur à 7,5 L/s par occupant. Pour le calcul de ce taux de ventilation, on suppose deux occupants pour la première chambre et un pour chacune des autres. On recommande que la cuisine ait une capacité d'extraction intermittente de 50 L/s, une capacité d'extraction continue de 25 L/s, et des fenêtres ouvrables. Les salles de bains devraient avoir une capacité d'extraction intermittente de 25 L/s, et d'une capacité d'extraction continue de 10 L/s ou d'une ou plusieurs fenêtres ouvrables, au choix.

CODES RÉGISSANT LA VENTILATION

Code national du bâtiment

Le Code national du bâtiment de 1990 exige que tout logement soit doté d'une installation de ventilation mécanique capable d'évacuer l'air intérieur vers l'extérieur ou de faire entrer l'air frais à l'intérieur à un rythme d'au moins 0,3 ra/h en moyenne, calculé à partir du volume intérieur total du logement, sur toute période de 24 heures.

2. EXIGENCES DE VENTILATION

Lorsque cet air de ventilation est fourni en évacuant de l'air, s'il y a dans la maison un foyer ou un appareil à combustion présentant des risques de refoulement, il faut faire entrer de l'air de compensation pour empêcher que la perte de pressurisation n'atteigne un degré qui cause le refoulement des gaz de combustion. On ne met aucune limite de pression sur les installation de ventilation d'alimentation seulement. Le code lui-même ne traite pas des problèmes possibles d'inconfort ou de condensation que l'on peut créer en fournissant l'air de compensation ou l'air frais à l'aide d'une installation d'alimentation seulement. Il en est cependant question dans le commentaire. Lorsque l'on peut démontrer qu'une maison a assez de fuites d'air pour qu'une installation d'alimentation seulement ne cause pas le refoulement des gaz provenant d'appareils à combustion, le Code exempte le constructeur des exigences en matière d'air de compensation. Le Code ne prescrit aucune méthode visant à déterminer s'il y a assez d'air qui fuit d'un bâtiment.

Codes provinciaux du bâtiment

Le Code du bâtiment de l'Ontario de 1990 contient les mêmes exigences en matière de ventilation des habitations que le Code national du bâtiment de 1990.

La Direction générale des normes de la construction de la Colombie-Britannique a adopté les normes de ventilation énoncées dans le CNB de 1985, ce qui a causé une grande confusion dans l'industrie du bâtiment. C'est pourquoi on a amendé par la suite le code de la C.-B., qui recommande maintenant une capacité de 0,5 ra/h pour les installations de ventilation non distribuée et de 0,3 ra/h pour les maisons munies d'une installation à

conduits. Un ventilateur extracteur commandé par hygrostat doit fournir 0,25 ra/h de la capacité requise de ventilation. Toutes les portes intérieures doivent laisser passer assez d'air au bas pour permettre une bonne circulation. Lorsqu'il y a des cheminées à tirage naturel, il faut prévoir de l'air de compensation. Le code contient une série de tableaux illustrant les taux de ventilation, les sections des conduits d'alimentation et d'évacuation ainsi que des prises d'air de compensation, en fonction de la surface de la maison.

Le Code du bâtiment de l'Alberta de 1985 exige que chaque logement soit doté d'une installation de ventilation mécanique capable de fournir au moins 0,5 ra/h pendant la saison de chauffage. L'installation peut se composer de ventilateurs extracteurs dans la cuisine et les salles de bains et d'une prise d'air de compensation située loin des ventilateurs d'extraction, ou encore d'un conduit reliant l'extérieur au système de reprise d'air du générateur de chaleur. Le Code exige que l'air de compensation soit réchauffé avant d'entrer dans l'aire occupée. Cet air de ventilation n'a pas à être fourni sur une base continue, et il suffit d'être en mesure de respecter le taux de ventilation requis.

La Ville d'Edmonton exige une installation de ventilation équilibrée - ce qui est évacué doit être compensé. On permet jusqu'à un certain point l'usage d'appareils qui évacuent l'air sans fournir d'air de compensation, mais selon Howell-Mayhew [38], pour installer de gros appareils extracteurs, par exemple un ventilateur de cuisinière à gril à tirage par en bas, ces appareils doivent être munis de leur propre dispositif à air de compensation, ou encore l'installation

2. EXIGENCES DE VENTILATION

centrale doit fournir l'air de compensation nécessaire.

Les « Mesures nordiques » (Northern Measures) de 1985, mentionnées par Mayo Communications [60], ont été élaborées pour servir de modèle dans les Territoires du Nord-Ouest du Canada. Elles exigent que l'on fournisse assez de ventilation, afin de maintenir une qualité d'air qui suffise aux occupants dans toutes les pièces et les aires habitées d'une maison, soit par la ventilation naturelle soit par une installation de ventilation mécanique. Dans ce deuxième cas, l'installation mécanique doit être capable d'un fonctionnement continu et pouvoir fournir au moins 1,0 ra/h. Elle doit aussi être munie d'une commande à vitesse variable et d'un interrupteur arrêt/marche.

Codes du bâtiment des É.-U.

Habitat Design & Consulting rapporte que le U.S. Uniform Building Code (UBC, Code uniforme du bâtiment) exige une capacité de ventilation, soit naturelle (fenêtres) ou mécanique, de 2 ra/h pour les aires habitées et de 5 ra/h pour les salles de bains. Le Code précise l'espace minimum de fenêtres ouvrables nécessaire pour satisfaire aux exigences de ventilation, bien que l'on puisse utiliser une installation de ventilation mécanique si l'on préfère.

Habitat Design & Consulting a aussi constaté que le programme « Super Good Cents », du Bonneville Power Authority, exigeait une capacité de ventilation de 5 L/s pour chaque chambre et le reste des aires habitables combinées, avec une commande à minuterie. Dans le cas des VRC, le minimum requis de ventilation continue se situe au taux calculé par la méthode ci-dessus ou à 0,25 ra/h, en prenant le taux le plus élevé. En

outre, on exige une capacité d'évacuation intermittente de 50 L/s pour les cuisines et de 25 L/s pour les salles de bains.

Selon Mayo [77], le ministère américain du Logement et du Développement urbain (HUD, Housing and Urban Development) détient l'autorité aux É.-U. sur les maisons transportables. Depuis février 1985, tout marchand de maisons usinées doit offrir à titre d'option, lors de l'achat d'une maison transportable, des « appareils visant à améliorer la ventilation mécanique » donnant une alimentation minimum de 12,5 L/s en air extérieur. Les marchands doivent s'assurer que tous les acheteurs sont au courant de cette option.

Codes européens

Habitat Design & Consulting [46] donne aussi des renseignements sur les exigences des codes européens du bâtiment. À la suite d'amendements aux normes françaises en 1969, voici la ventilation exigée telle que mesurée à l'endroit des prises d'air : de 12,5 à 25 L/s dans la cuisine d'un logement de moins de trois pièces, et de 16,6 à 36 L/s pour la cuisine d'un logement de trois pièces ou plus. Les salles de bains devaient avoir une capacité d'extraction d'au moins 8,3 à 16,6 L/s, selon que l'on s'en servait ou non comme buanderie et selon qu'on y trouvait ou non un chauffe-eau au gaz. En 1983, de nouveaux amendements au code formulaient une méthode plus perfectionnée pour calculer des besoins de ventilation en se basant sur les dimensions du logement et l'utilisation des pièces. Le Code français est peut-être celui au monde qui offre la gamme la plus vaste d'exigences de ventilation adaptées précisément aux dimensions du logement et à l'usage qui est fait de chaque pièce. Le Code français exige

2. EXIGENCES DE VENTILATION

une capacité d'extraction intermittente de 26 L/s pour un studio et de 52 L/s pour une maison de trois chambres avec salon, salle à manger, séjour et deux salles de bains.

Le Code suédois fixe des exigences de ventilation de base de 0,35 L/s par m² de surface habitée. Les exigences pour chaque pièce sont 15 L/ de capacité d'évacuation pour les petites cuisines, et 10 L/s pour les petites salles de bains et buanderies. On demande des capacités de ventilation plus élevées pour les pièces de chacune des catégories lorsqu'elles dépassent une dimension ou un taux d'occupation maximum. Le Code suédois relie également la ventilation aux taux de radon.

Mayo [77] passe en revue les exigences de ventilation des autres pays

européens. Aux Pays-Bas, en 1985, le taux minimum de ventilation exigé dans les habitations était

de 7 L/s par personne, et on précisait aussi des exigences de ventilation par pièce : de 21 à 28 L/s pour les cuisines, 14 L/s pour les salles de bains, de 21 à 42 L/s pour les séjours, et 1 L/s pour les chambres. Cette ventilation peut provenir de fenêtres, sauf dans le cas des chambres. En 1983, la Norvège n'avait toujours pas d'exigences relatives à la ventilation et le Danemark permettait que toute la ventilation provienne de fenêtres ouvrables. En Suisse, il n'y a pas de norme nationale de ventilation; chaque canton ou ville peut établir ses propres exigences. En 1985, la Belgique, l'Allemagne fédérale et le Royaume-Uni n'avaient pas encore d'exigences relatives à la ventilation.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

VENTILATEURS

Les ventilateurs fournissent la force motrice qui fait circuler l'air de ventilation, de compensation ou d'alimentation malgré la résistance au débit d'air dans les conduits, les coudes de conduit, les prises d'air, les sorties d'air, les échangeurs de chaleur, etc. Il y a trois grands types de ventilateurs : le ventilateur en circuit aéraulique; le ventilateur à hélice, ou hélicoïde, qui fait passer l'air axialement dans les lames de l'hélice; et le ventilateur à rotor en court-circuit, ou ventilateur centrifuge, dans lequel l'air entre par le centre de la roue, tourne dans un bâti sous l'effet de la lame, puis sort de la roue et du bâti sur un mode tangentiel.

Le ventilateur à circuit est prévu pour des applications à faibles pressions statiques. Lorsque les pressions statiques externes sont fortes, on se sert de ventilateurs centrifuges.

COMPOSITION DES VENTILATEURS ORDINAIRES

Un ventilateur ordinaire de salle de bains se compose d'un bâti de tôle ou de plastique et d'un régulateur de contre-tirage, en général intégré [40], fait de tôle ou d'un simple volet de caoutchouc. Les modèles dits « de constructeur » font appel à un ventilateur à hélice muni d'une roue de ventilateur en aluminium ou en plastique. Des modèles très simples utilisent un rotor à aubes radiales monté sur un disque plat.

Les meilleurs modèles de ventilateur de salle de bains ont une roue centrifuge faite de métal ou de plastique.

Les moteurs utilisés dans ces ventilateurs sont ordinairement à bague de déphasage, conçus pour fonctionner à 1 450 ou 1 080 tours-minute, et de construction ouverte ou fermée. Les ventilateurs les plus gros ou les meilleurs ont des moteurs à condensateur différentiel permanent, en général plus efficaces.

Les hottes de cuisinière que l'on appelle de type « constructeur » ont des auvents peu profonds et inefficaces et des ventilateurs à hélice. Les modèles plus coûteux utilisent des ventilateurs centrifuges à roues jumelées ou doubles. Les moteurs de hotte de cuisinière, comme ceux des ventilateurs de salle de bains, peuvent être à bague de déphasage ou à condensateur différentiel permanent.

Les ventilateurs de salle de bains japonais [40] sont presque toujours munis de rotors de soufflante centrifuges. Lorsqu'il s'agit de lames d'hélice de soufflerie, elles sont en général plus larges et se terminent en forme de longue queue pointue. Ces profils de lame ont la réputation d'être silencieux et d'avoir un bon rendement énergétique. Les hottes de cuisinière japonaises ont des auvents profonds, des ventilateurs centrifuges, et deux ou trois vitesses de fonctionnement. Les hottes de cuisinière les moins chères ont des ventilateurs à débit mixte, plus efficaces que les ventilateurs à débit axial.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

RÉSUMÉ

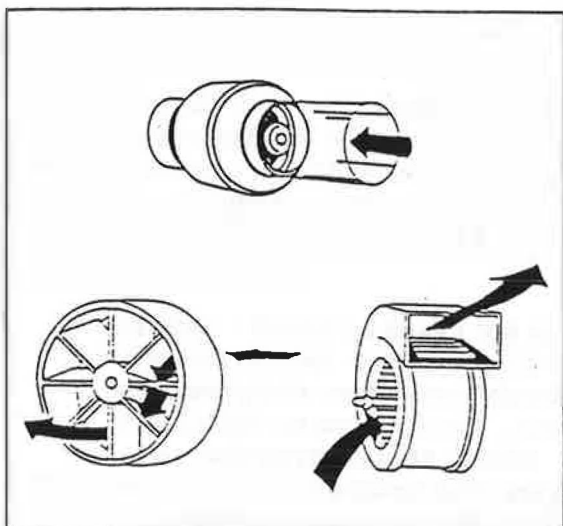
Les ventilateurs sont l'élément clé d'un système de ventilation mécanique. On en trouve de toutes sortes de types et de rendements; ils ont des degrés d'efficacité variés et sont plus ou moins bruyants. Les dispositifs d'air de compensation peuvent être intégrés à l'installation de ventilation afin d'obtenir un équilibre de la pression dans le logement.

Une variété de commandes de ventilation ont été mises à l'étude : simple interrupteur, hygrostat, et même des diaphragmes perfectionnés actionnés par la pression pour mettre en marche les autres composantes afin d'équilibrer la pression dans le logement. On traitera en détail des caractéristiques de rendement, ou de débit et de pression des composantes de l'installation de ventilation les plus ordinaires comme les capuchons de toit, les sorties, les capuchons de mur, les conduits de tôle, les conduits souples, etc.

Les ventilateurs-récupérateurs de chaleur sont maintenant chose courante dans les maisons plus étanches à l'air. Ils permettent une ventilation suffisante pour l'hygiène et le confort des occupants tout en récupérant de l'énergie utile dans la veine d'air d'évacuation. Comme les installations de ventilation mécanique peuvent causer des problèmes de refoulement ou de contre-tirage dans les systèmes de chauffage à combustible, on est à mettre au point des appareils intégrés de chauffage et de ventilation, qui permettront de garantir la sécurité de l'occupant dans les logements dotés d'appareils à combustion.

On a élaboré des Normes de rendement du matériel de ventilation. Ces normes sont d'application volontaire et s'accompagnent de tests standardisés et de méthodes d'évaluation. Les codes pourraient en arriver à rendre obligatoire l'homologation du matériel de ventilation d'ici quelques années.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION



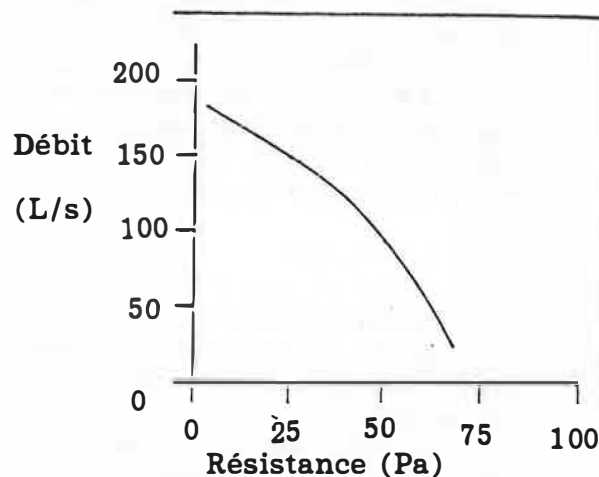
Types de ventilateur : ventilateur en circuit (en haut); ventilateur à débit axial ou à hélice (en bas, à gauche); et ventilateur centrifuge ou à rotor en court-circuit (en bas, à droite)

RENDEMENT DES VENTILATEURS ORDINAIRES

La Fondation de recherches de l'Ontario (FRO) [40] a vérifié le rendement du débit d'air de neuf hottes de cuisinière et de neuf ventilateurs de salle de bains provenant de différents fabricants nord-américains. On a constaté qu'en moyenne, les neuf hottes de cuisinière donnaient des débits équivalant à 90 % de la cote du fabricant. Dans le cas des ventilateurs de salle de bains, cette moyenne était de 70 % seulement. Tous les essais ont été menés en conformité avec la norme AMCA 210-85, à une pression statique externe de 0,1 en H_2O .

Dans une recherche ultérieure, la FRO a évalué un ventilateur de salle de

bains japonais selon la même méthode. Le moteur était coté comme pouvant fonctionner à 50 ou 60 Hz à 100 volts. Selon le fabricant, le débit d'air était de 24,5 L/s en alimentation libre, ou zéro de pression statique externe, à 60 Hz. Dans les mêmes conditions, la FRO n'a mesuré que 18 L/s de débit, ce qui représentait seulement 73 % de la cote du fabricant. Autrement dit, l'appareil japonais n'était pas meilleur que les modèles nord-américains.



Courbe de rendement du ventilateur

EFFICACITÉ DU GROUPE VENTILATEUR-MOTEUR

S'il faut à une maison 50 L/s de ventilation à pression externe type de 80 Pa, la puissance contenue dans la veine d'air qui sort du ventilateur n'est que de 4 watts. C'est une petite quantité de puissance qui semble raisonnable en elle-même compte tenu de l'importance d'une bonne ventilation pour les besoins des humains comme pour ceux des bâtiments.

La FRO [40] a mesuré le rendement énergétique du groupe ventilateur-moteur, pour les appareils de salle de

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

bains et les hottes de cuisinières, et l'a évalué à entre 2 et 4 %. Cela veut dire qu'il faudrait de 100 à 200 watts pour donner les 4 watts de puissance à la veine d'air de ventilation, tel que dans l'exemple ci-dessus.

À cause de cette utilisation inefficace de l'électricité, il est difficile aux organismes de réglementation de l'État d'insister sur la mise en place et le fonctionnement continu d'installations de ventilation à débit équilibré, sachant que les coûts de fonctionnement seront substantiels.

Dans une autre étude [24] menée à la demande de la Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest, l'Institut de recherche en construction a tenté de trouver un ventilateur à faible consommation d'énergie et peu bruyant, afin de l'installer dans les logements de la Société. On a envoyé une lettre à 19 fabricants, précisant qu'il fallait un ventilateur à moteur à deux vitesses, fournissant environ 40 L/s à haute vitesse, et avec une consommation d'énergie de l'ordre de 25 watts. On demandait également une durabilité de 25 000 heures de fonctionnement continu à faible vitesse.

Un seul ventilateur répondait à toutes ces exigences. On l'offrait à 130 \$ pièce pour une commande de 500. La consommation d'énergie était évaluée de 26 à 28 watts. En supposant une pression statique externe de 25 Pa, on obtient une efficacité de puissance d'air de 4 % seulement.

BRUIT DES VENTILATEURS

Il y a plusieurs façons d'exprimer la quantité de bruit qui sort d'un ventilateur. L'unité de mesure utilisée par l'Institut du chauffage et de la ventilation (ICV) est le « sone ». L'échelle d'intensité sonore est une

échelle linéaire, c'est-à-dire que tout changement de valeur sonore est directement proportionnel à la sensation de bruit. Les ventilateurs de salle de bains de la meilleure qualité sont évalués de 1 à 3 sones, et les hottes de cuisinière, de 4 à 6 sones.

La méthode de test de l'ICV ne fait appel qu'à une seule position de microphone et un seul emplacement échantillon, et varie en fonction du ventilateur soumis au test. Selon l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (HRAI) et la FRO [40], la méthode est sujette à des variations importantes de réaction selon l'emplacement de la source et ou les surfaces de renvoi.

Les Japonais utilisent le « phone », une mesure de la puissance sonore d'un bruit particulier égal à un niveau de pression acoustique, exprimé en décibels (dB), ayant une norme aussi élevée d'intensité sonore. Il ne semble pas y avoir de raison valable de comparer les évaluations en sones et celles en phones.

D'après la même étude de l'HRAI et du FRO [40], les caractéristiques sonores stipulées dans les catalogues des fabricants devraient servir tout au plus de guide, et les comparaisons de caractéristiques sonores ne devraient se faire que lorsque la même unité de mesure est utilisée, soit le sone ou le phone.

DISPOSITIFS D'AIR DE COMPENSATION

Les recherches ont montré que pour éviter le refoulement ou le contre-tirage des appareils à combustion à tirage naturel, la limite acceptable de dépressurisation est de 5 Pa. Toutefois, la capacité de débit requise dans une maison, pour s'assurer une perte de pression ne dépassant par

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

5 Pa, varie beaucoup selon la capacité des dispositifs ou appareils d'extraction et selon l'étanchéité de l'enveloppe. BLP [13] ont calculé qu'une installation d'air de compensation de 125 L/s conviendrait à la plupart des maisons canadiennes. Voici les résultats de recherches sur des dispositifs d'air de compensation pouvant s'intégrer à une installation d'air de compensation.

ÉVALUATION DE DISPOSITIFS D'AIR DE COMPENSATION

À la demande de la SCHL, BLP [13] ont évalué une grande quantité de dispositifs et d'installations d'air de compensation. Il n'y avait alors aucun système intégré d'air de compensation, mais les chercheurs ont évalué les composantes existantes capables de remplir une ou plusieurs des fonctions suivantes, habituellement propres à un système d'air de compensation :

- faire passer l'air à travers l'enveloppe;
- produire une force d'entraînement;
- contrôler le débit d'air;
- actionner un dispositif de contrôle du débit;
- réchauffer l'air admis.

Les sections qui suivent vont élaborer sur les composantes qui remplissent ces fonctions.

PASSAGE DE L'AIR À TRAVERS L'ENVELOPPE

Il s'agit d'une ouverture dans l'enveloppe, donnant sur l'extérieur afin de faire pénétrer l'air de compensation. Elle se compose d'un réseau de conduits ou d'évents individuels. La dimension de l'ouverture d'admission de l'air de compensation varie selon la taille de la maison, l'étanchéité de l'enveloppe, la

résistance au débit d'air et la force d'entraînement dont on dispose.

Il y a deux types de pénétration de l'enveloppe, ou de produits propres à faire passer l'air dans l'enveloppe : une entrée unique de grande dimension pour l'air de compensation, ou des entrées multiples par lesquelles l'air de compensation est distribué dans un certain nombre de pièces de la maison. Dans les maisons à bonne capacité d'évacuation, selon Buchan, Lawton, Parent Ltd. [13], il faudrait des ouvertures plus grandes que celles que l'on y trouve actuellement, à moins que l'on n'utilise une force mécanique d'entraînement. La même étude conclut que l'on ne privilégie pas les installations de type « distribué » parce qu'elles peuvent être source d'inconfort, et surtout parce qu'il peut arriver que l'on en interrompe le fonctionnement au moment où on en aurait précisément besoin pour éviter une perte de pression.

FORCE D'ENTRAÎNEMENT

Dans une installation passive, la force d'entraînement est la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur, qu'il faut évidemment contrôler pour que ce type d'installation soit efficace [13]. On peut utiliser des ventilateurs, soit un appareil séparé, soit le ventilateur du générateur de chaleur, qui permettent de tirer profit de la contre-pression d'environ 20 Pa qui se produit dans le plénum de reprise d'air. On fait tout de même face alors à certains problèmes de contrôle causés par le raccord de conduit rigide entre le plénum et l'extérieur.

BLP [13] ont été incapables de trouver sur le marché un ventilateur spécial pour l'air de compensation. La feuille de renseignements sur les ventilateurs contient des détails supplémentaires

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

sur les ventilateurs que l'on peut utiliser dans une installation de ventilation.

RÉGULARISATION DU DÉBIT

Une installation d'air de compensation pourrait tirer avantage d'un élément de régularisation du débit, par exemple un simple registre manuel. Il y a toutes sortes d'autres régulateurs de débit sur le marché, de type thermique, atmosphérique ou mécanique. Un ventilateur peut jouer le rôle de régulateur de débit s'il est combiné à un dispositif de commande approprié. Certains régulateurs utilisent un dispositif à ballon plutôt qu'un registre pour restreindre le débit.

Les régulateurs manuels présentent l'inconvénient de dépendre de l'utilisateur pour se mettre en marche. Les régulateurs à commande thermique sont habituellement installés sur le plénum d'alimentation d'un générateur et utilisent le courant d'air chaud passant dans un conduit de dérivation vers le plénum de reprise d'air, pour ouvrir un registre afin d'augmenter le débit d'arrivée d'air de compensation dans l'installation. Les régulateurs atmosphériques ont un registre équilibré qui s'ouvre ou se ferme en réaction aux différences de pression sur le registre. On peut d'habitude régler la pression de déclenchement de ces dispositifs. Les régulateurs à moteur électrique sont souvent utilisés pour fournir de l'air de compensation. Il y a un bon nombre de fournisseurs de régulateurs électriques en circuit ou à conduits. Certains de ces dispositifs peuvent s'ajuster de façon à ne pas être complètement fermés lorsque en cycle d'arrêt. Les régulateurs mécaniques peuvent aussi être programmés pour s'ouvrir au besoin et permettre des économies d'énergie; de plus, il y a peu de

risques que l'utilisateur les brise ou en fasse un mauvais usage.

Un fournisseur offre un contrôle de débit fait d'un ballon extensible, qui permet un débit relativement stable pour une gamme variée de pressions. On trouvera plus de données sur le rendement des contrôles de débit à la fiche technique « Contrôles de ventilation ».

DISPOSITIFS DE COMMANDE

Lorsque l'on utilise un registre ou un ventilateur électrique comme régulateur de débit, il faut un signal de commande externe. Dans le cas du ventilateur d'un générateur de chaleur ou d'un registre de débit, on peut utiliser à cette fin la commande du générateur. On peut aussi utiliser l'interrupteur d'un appareil extracteur comme dispositif de mise en marche ou déclencheur signalant un besoin d'air de compensation.

Mis à part les relais ou les commutateurs d'un autre appareil tel qu'un ventilateur de générateur de chaleur ou un ventilateur extracteur, BLP [13] n'ont pas trouvé d'autres commandes ou capteurs autonomes conçus spécialement pour l'air de compensation ou pouvant s'y appliquer.

DISPOSITIFS POUR CHAUFFER L'AIR OU LE TEMPÉRER

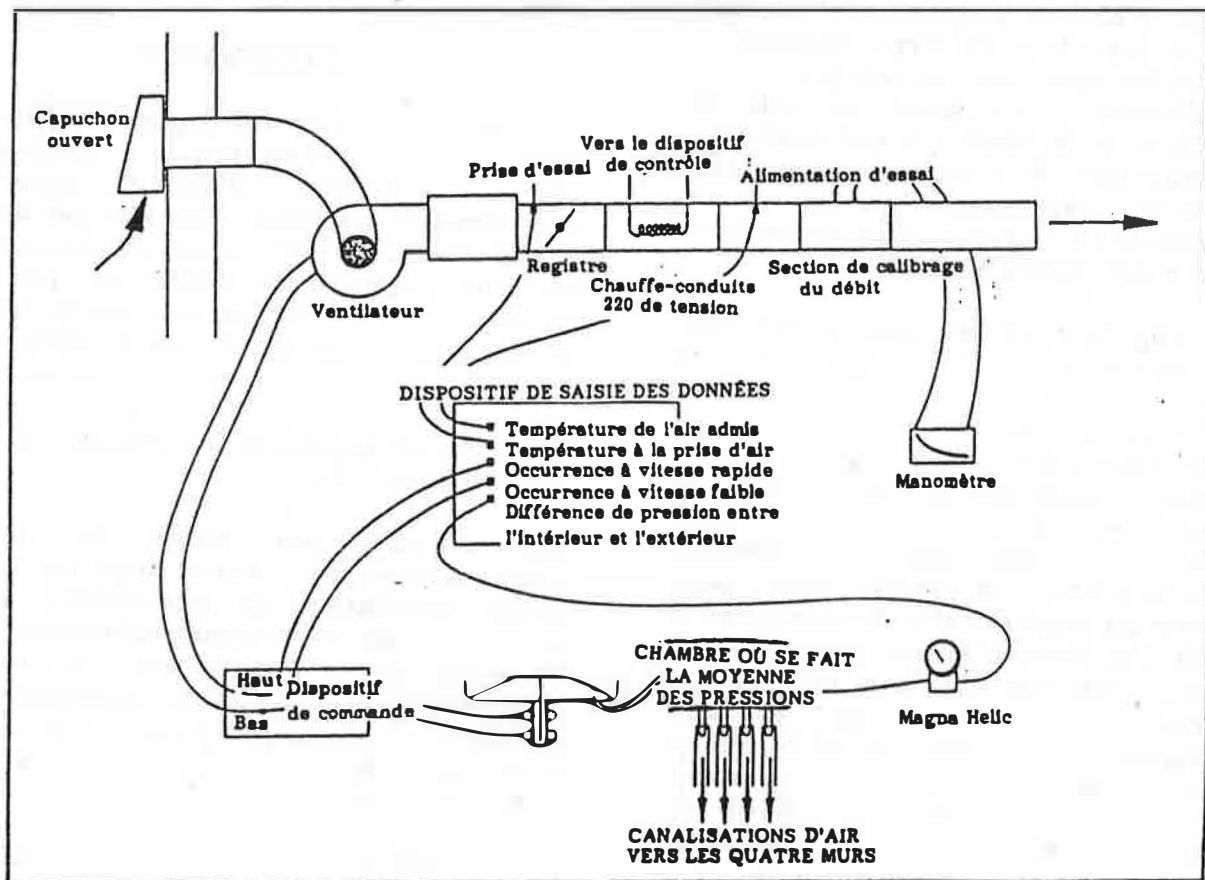
Dans certaines installations, il arrive qu'il faille réchauffer séparément l'air de compensation. La température, le débit d'air de compensation et le mélange d'air qui se produit avant l'entrée dans l'espace habité détermineront jusqu'à quel point le réchauffement préalable est nécessaire. Un échangeur de chaleur air-air, par exemple, peut être

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

vu comme un réchauffeur passif d'air de compensation. Les conduits de chauffage électrique sont en vente chez plusieurs fournisseurs. Une entreprise offre [13] un réchauffeur à capacité de 2 kW, suffisant pour des débits modestes d'air de compensation, muni d'une thermostat intégré à réglage manuel.

COMMANDES D'AIR DE COMPENSATION ACTIONNÉES PAR LA PRESSION

Deux fabricants ont mis au point, à la demande de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, des prototypes de commandes d'air de compensation actionnées par la pression.



Commande actionnée par la pression, à diaphragme lâche et léger, en situation d'essai [13]

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

Le dispositif dont parlent BLP est fait d'un diaphragme lâche et léger, ouvert d'un côté à la pression intérieure et de l'autre à la pression extérieure. La chambre où se fait la moyenne des pressions est branchée à des prises de pression devant être reliées à chacun des quatre murs extérieurs d'une maison.

Le mouvement du diaphragme, en réaction aux différences de pression, est capté par une diode à luminescence et un transistor photodétecteur. Des optocoupleurs, ouverts et fermés par le mouvement d'une bande de laiton suspendue au diaphragme, envoie des signaux aux relais de commandes capables d'actionner des ventilateurs et un chauffage à conduits. On trouvera plus de données sur ce dispositif intéressant à la fiche technique « Commandes de ventilation ».

Le dispositif de Checker Manufacturing Ltd. est fait d'un type semblable de commande par différence de pression, actionnée lorsque l'on dépasse une pression établie de 5 Pa (dépressurisation). Le commande par pression déclenche un ventilateur dans le dispositif. Comme l'appareil de BLP, le ventilateur continue de fonctionner jusqu'à ce que soit atteinte

une perte de pression de 3 Pa, et ensuite le dispositif d'air de compensation s'arrête. Le dispositif de commande de Checker est conçu pour fonctionner dans un sous-sol où un thermostat mettra en marche un réchauffeur d'air de compensation si la température de l'air tombe au dessous d'un certain degré.

Le dispositif est muni d'une soufflerie centrifuge actionnée par un moteur à bague de déphasage d'une capacité de 110 L/s. Le réchauffeur est un tube empenné en forme de spirale, à deux éléments (de 2 kW chacun) résistant à la corrosion, du type actionné à distance depuis un thermostat placé dans le mur.

Le dispositif a un registre atmosphérique, posé dans la prise d'air du dispositif d'air de compensation et réglé à une pression beaucoup plus forte que la pression de réglage du manostat, afin d'empêcher que le registre ne s'ouvre sous la pression du vent. Le registre s'ouvre au complet lorsque le ventilateur est en marche, et se referme hermétiquement sur un joint d'étanchéité lorsque le ventilateur est arrêté. La pression d'activation est réglable sur champ afin d'éviter les cycles interrompus.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

COMMANDES DE VENTILATION

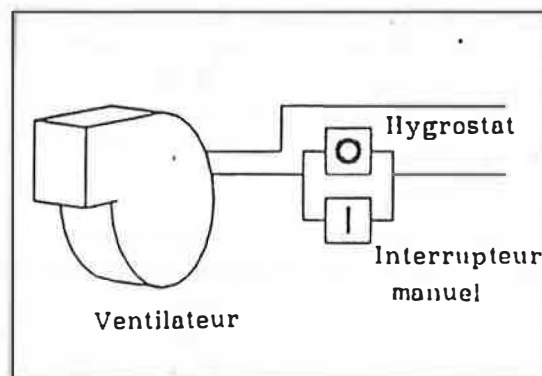
Les commandes de ventilation permettent de contrôler manuellement ou automatiquement l'alimentation et l'évacuation de l'air dans les espaces habités. Elles servent à fournir la ventilation aux occupants, enrayer les odeurs et les polluants, et faire entrer l'air de compensation nécessaire à l'équilibre de la pression dans la maison. Les commandes de ventilation vont du simple interrupteur marche-arrêt d'un ventilateur d'extraction jusqu'au dispositif régi par microprocesseur et servant à capter et à contrôler l'équilibre de la pression dans une maison. La plupart des commandes utilisées aujourd'hui sont rudimentaires mais des dispositifs plus perfectionnés devraient bientôt apparaître.

Les sections suivantes présentent les résultats d'études menées au Canada dans le domaine des commandes de ventilation.

COMMANDES DU MATÉRIEL D'ÉVACUATION UTILISÉ DANS LES HABITATIONS

Le tout dernier examen du matériel d'évacuation utilisé dans les habitations, effectué par l'HRAI et la FRO à la demande de la SCHL, révèle que l'interrupteur marche-arrêt est la commande la plus souvent utilisée pour les ventilateurs de salle de bains et les hottes de cuisinière. On utilise aussi beaucoup les interrupteurs actionnant à la fois le ventilateur et la lumière. Parmi les commandes optionnelles, on retrouve les minuteries mécaniques servant à retarder l'arrêt du ventilateur, ainsi que les commandes à vitesses multiples ou à vitesse à réglage continu pour les hottes de cuisinières. Les installations d'évacuation centrale ont souvent un

hygrostat intégré pour le contrôle de la ventilation.



Commande combinée de ventilateur par interrupteur marche-arrêt et hygrostat

COMMANDES DE VRC

Un manuel publié par EMR [64] sur le fonctionnement des ventilateurs-récupérateurs de chaleur comprend un chapitre sur les commandes le plus souvent utilisées pour ces appareils. La plupart des VRC ont deux modes de fonctionnement, à faible vitesse et à haute vitesse, la vitesse forte servant lorsqu'il faut un supplément de ventilation.

La vitesse faible est généralement actionnée au moyen de l'interrupteur marche-arrêt, situé sur le VRC, qui ressemble souvent au bouton de vitesse à réglage continu que l'on retrouve sur certaines hottes de cuisinières. L'installateur règle ordinairement la vitesse requise pour une ventilation continue, et le réglage reste constant.

Le fonctionnement à haute vitesse peut être mis en marche par le propriétaire-occupant au moyen d'interrupteurs installés dans l'aire habitée de la

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

maison. Ces boutons servent de commandes manuelles pour la vitesse élevée et peuvent, dans certains cas, se fermer automatiquement après un intervalle donné de temps. Certains dispositifs offrent une minuterie qui met automatiquement le VRC à haute vitesse pour une période de temps fixe à intervalles réguliers.

Le VRC est souvent doté d'un hygrostat qui actionne le système dès que le degré d'humidité dépasse une limite fixée au préalable.

COMMANDE PAR HYGROSTAT

Buchan, Lawton et Parent [11] ont étudié l'hygrostat comme commande de ventilation dans un certain nombre de maisons en Nouvelle-Écosse, en vue de déterminer si l'installation de ventilation commandée par l'humidité pouvait régler les problèmes d'humidité des maisons dans les Maritimes. L'étude cherchait particulièrement à découvrir si la réduction de l'humidité dans les logements aurait un effet significatif sur l'étendue et la gravité des problèmes causés par l'humidité.

Les auteurs rapportent que l'action des ventilateurs commandés par l'humidité n'a pas eu un d'effet sur les taux moyens d'humidité dans les maisons, mais qu'elle abaissait tout de même les taux de crête.

Les ventilateurs avaient été réglés pour se mettre en marche dès que l'humidité relative dépassait 45 %, mais on a craint que l'exactitude et la dérive des simples régulateurs d'humidité servant à actionner les ventilateurs ne créent des problèmes. La dérive des commandes pourrait entraîner un temps de fonctionnement exagérément long.

L'énergie perdue dans les ventilateurs était négligeable, se situant entre 1 et 2 % de l'énergie de chauffage consommée, selon un calcul basé sur le temps de fonctionnement du ventilateur, le débit et la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

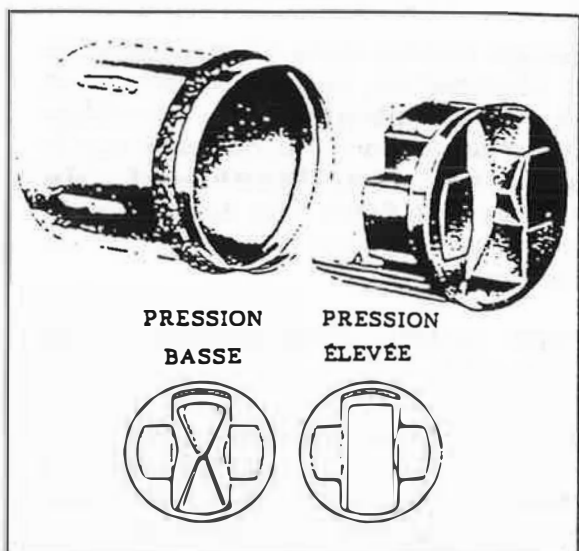
PRISES D'AIR COMMANDÉES PAR L'HUMIDITÉ

G.K. Yuill & Associates ont fait l'essai sur place d'un nouveau système de ventilation fabriqué par American Aldes Ventilation Corporation et comprenant des prises d'air commandées par l'humidité (PACH).

La PACH est conçue pour être utilisée avec les systèmes d'American Aldes, qui font en général appel à un ventilateur extracteur central. La section libre de la PACH de Aldes est variable, passant de 5 cm² en position fermée à 30 cm² en position ouverte. Dans la maison d'essai, la PACH fermée a donné un débit égal à 67 % du débit atteint avec une PACH complètement ouverte. Ces dispositifs ont un mécanisme interne qui dirige l'air frais vers le plafond. Ils ont aussi un filtre intégré et deux domaines possibles de réglage de l'humidité relative.

On a installé les PACH dans des fenêtres spécialement conçues à cet effet, afin qu'elles dirigent l'air de ventilation admis vers le plafond, évitant ainsi les courants d'air froid dans la pièce. Il est apparu que la PACH n'était pas assez profonde pour orienter l'air plus loin que le bâti de la fenêtre. On a également conclu que la PACH n'avait pas la capacité nécessaire de diminution ni la variabilité de commande de débit qu'il aurait fallu pour la maison évaluée.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION



Régulateur de débit continu - American Aldes

EXTRACTEUR COMMANDÉ PAR L'HUMIDITÉ

Une entreprise française, Aereco, offre un produit très semblable à la prise d'air commandée par l'humidité de American Aldes. Sheltair Scientific Ltd. [70] a évalué un produit d'Aereco; il s'agit d'un système d'extracteur et de ventilateur d'évacuation, actionné par l'humidité.

Il semble qu'il y aurait environ 20 000 installations de ce type en Europe, notamment en France où l'on exige la ventilation mécanique depuis 1982. Les créateurs de ce système affirment qu'il est moins coûteux à installer qu'un VRC et que les frais de fonctionnement sont semblables. La ventilation étant contrôlée en fonction de l'humidité relative intérieure, les fabricants disent qu'il est possible de réduire les taux d'ensemble de ventilation sans nuire à la qualité de l'air intérieur.

Le dispositif « extracteur » contrôle le taux d'évacuation venant de la maison en variant sa section en fonction du degré d'humidité relative (HR) à l'intérieur. L'orifice de l'extracteur

contient un tube de caoutchouc gonflable dans lequel se trouve un ressort. La section est à commande pneumatique. Lorsque l'HR monte, le circuit pneumatique se ferme, faisant allonger le tube gonflable et permettant ainsi un débit d'évacuation plus important. Si l'HR baisse, le tube raccourcit et se gonfle, bloquant l'orifice et réduisant ainsi le débit d'évacuation.

Les mesures prises dans une maison munie de ce type d'installation indiquent que le taux de ventilation, bien qu'il contrôle l'humidité relative, ne règle pas le problème du CO₂ de façon satisfaisante en particulier pour une occupation aussi importante que celle de la maison évaluée (sept personnes).

Le système d'extraction ne réagissait pas aux petites hausses d'humidité, le temps de réaction était lent et les augmentations de taux de ventilation, très légères. Les chercheurs en ont conclu qu'un extracteur à section constante aurait été tout aussi efficace.

Il se peut que les commandes actionnées par l'humidité, comme unique instrument de régularisation des taux de ventilation, n'arrivent pas bien à enrayer d'autres polluants, par exemple le CO₂. Par ailleurs, les occupants se sont déclarés satisfaits de la qualité de l'air et du confort obtenus dans leurs foyers grâce à l'extracteur commandé par l'humidité.

COMMANDE AMÉLIORÉE DE L'AIR DE COMPENSATION

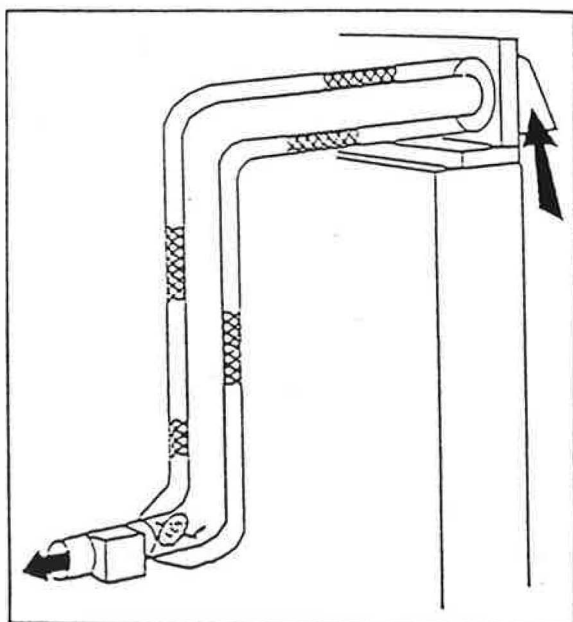
Il y a sur le marché trois types de registre servant à régulariser l'alimentation en air de compensation : actionné par la condition thermique, à fonctionnement atmosphérique, et à

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

moteur électrique. Le registre actionné par la condition thermique utilise un serpentin bimétallique chauffé par l'air passant dans un conduit de dérivation qui va du plénum d'alimentation du générateur jusqu'au plénum du reprise d'air. Quand le registre s'ouvre, en se réchauffant, la contre-pression du plénum de reprise d'air aspire de l'air extérieur dans le conduit d'air frais.

La registre à fonctionnement atmosphérique s'ouvre et se ferme selon les différences de pression sur le registre. Un contrepoids peut être ajusté afin d'ouvrir le registre à diverses différences de pression.

Le registre à moteur électrique fonctionne comme un registre à deux positions, ouverte ou fermée, et peut être actionné au moyen d'un signal de 24 ou de 110 volts.



Prise d'air frais avec registre à moteur électrique

Ces trois dispositifs, pour une raisons ou une autre, ont été jugés inefficaces

comme commandes d'air de compensation. Le registre actionné par la chaleur souffrait d'un décalage thermique et était incapable de compenser l'effet des autres dispositifs extracteurs sur la pression de la maison. Le registre à fonctionnement atmosphérique arrivait à fournir un certain degré de contrôle de la pression lorsqu'il était relié au retour d'air du générateur, mais on le considérait peu fiable et seulement apte à fournir de l'air de compensation lorsque le ventilateur du générateur est en marche.

Le registre à moteur était supérieur au registre actionné par la chaleur en ce qui a trait au décalage, mais son fonctionnement exigeait aussi que le générateur de chaleur soit en marche, et il ne réglait pas la question du fonctionnement des dispositifs extracteurs autres que le générateur de chaleur. Utilisé concurremment avec un conduit passif d'entrée d'air et déclenché par le fonctionnement des autres dispositifs extracteurs, le registre à moteur pourrait représenter la solution la plus efficace parmi tous les choix offerts actuellement.

Le prototype mis au point et essayé par BLP [13] était un diaphragme actionné par la pression, exposé d'un côté à la pression intérieure et de l'autre à la pression extérieure. Quand la maison est soumise à une contre-pression relativement faible, l'air se déplace dans l'espace sous le diaphragme et le fait gonfler. Le mouvement du diaphragme actionné par la pression est capté par une diode à luminescence et un transistor photosensible.

Cet optocoupleur commande les relais électriques qui actionnent ensuite un ventilateur à deux vitesses et un conduit de réchauffement. Le diaphragme a une charge préliminaire, et on établit ainsi le point désiré de

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

réglage de la pression. Dans le prototype, on contrôlait le fonctionnement d'un ventilateur à deux vitesses et d'un conduit de réchauffement. Le débit de l'optocoupleur du diaphragme actionné par la pression pourrait tout aussi bien servir à donner de l'énergie à des registres, des appareils extracteurs en position arrêt ou toute combinaison de dispositifs de ce genre. On a estimé à environ 650 \$ le coût de l'installation du ventilateur à deux vitesses et du conduit de réchauffement en deux étapes, du réseau de distribution d'air

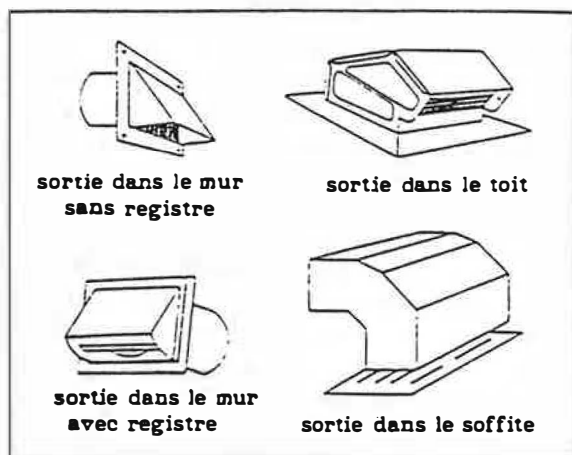
et du régulateur du diaphragme actionné par la pression.

Les premiers résultats des essais du régulateur d'air de compensation ont montré que la contre-pression ne descendait pas plus bas que 5,3 Pa. Sans commande d'air de compensation, on a constaté dans les mêmes maisons une contre-pression de 8,1 Pa. Les chercheurs ont conclu que le diaphragme actionné par la pression est un moyen efficace de contrôle de la pression d'une maison.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

Une installation de ventilation a bien d'autres éléments à part les ventilateurs et les commandes : capuchons ou sorties dans les murs, les soffites, le toit, les conduits de tôle ou de matière souple, les raccords de transition et les registres anti-refoulement. Ces composantes jouent un rôle important pour déterminer le rendement d'ensemble d'une installation de ventilation, car ils peuvent être responsables d'une bonne part de la résistance offerte au débit dans le système.



Différents types de sorties d'installation de ventilation [16]

CARACTÉRISTIQUES DE PRESSION ET DE DÉBIT DES COMPOSANTES

La Fondation de recherches de l'Ontario (FRO) [40], [54] a réalisé une étude et des tests en laboratoire, au moyen des techniques les plus avancées, afin d'obtenir des données sur les caractéristiques des composantes des installations de ventilation relativement aux chutes de pression par opposition au débit

volume. Une bonne part des données dont on disposait relativement à ces composantes avaient fait l'objet d'une évaluation plusieurs années auparavant et dans bien des cas, les composantes n'étaient plus utilisées dans les installations de ventilation. On s'est procuré des composantes modernes chez différents fournisseurs afin de les soumettre à des essais de rendement de débit d'air dans la chambre de giclage (Airflow Test Nozzle Chamber) de la FRO.

Les capuchons de mur choisis étaient les suivants : un capuchon de mur d'installation d'extraction de salle de bains, muni d'un registre à ressort intégré; un capuchon de mur, muni d'un registre à ressort, prévu pour être relié à un conduit rectangulaire de 85 mm sur 255; le capuchon en plastique de la sortie murale d'une sècheuse, d'usage courant dans les installations de ventilation résidentielle mais munie d'un registre actionné par la gravité.

Les résultats des essais [54] ont montré que la chute de pression sur le capuchon de mur était d'une similitude remarquable dans chacun des trois cas. La diminution de pression était en général de 15 à 20 Pa à un débit de 25 L/s (typique des systèmes d'extraction des salles de bains) et de 30 à 40 Pa à un débit de 50 L/s (typique des hottes de cuisinière). Le système d'extraction de la salle de bains utilisait un conduit rond de 100 mm de section, et la hotte de cuisinière avait un conduit rectangulaire de 83 mm sur 254 mm. La chute de pression s'intensifiait généralement avec l'augmentation du débit. Dans le cas du capuchon de mur avec registre à ressort, prévu pour être relié au conduit rectangulaire, la chute de pression était relativement insensible à l'augmentation du débit.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

L'étude de la FRO [54] portait aussi sur les capuchons de toit. Un des capuchons de toit devait être relié à un conduit de 75 ou 100 mm de diamètre avec registre actionné par la gravité, tandis que l'autre devait être raccordé à un conduit rectangulaire de 85 mm sur 255 et avait à la fois un registre à ressort et un registre actionné par la gravité. Dans les deux cas, on a eu une chute de pression d'environ 15 Pa à 25 L/s de débit.

CARACTÉRISTIQUES DE PRESSION ET DE DÉBIT DES INSTALLATIONS

La FRO [54] a évalué des systèmes combinés; après avoir intégré des capuchons de mur et de toit à une installation, on en a déterminé la résistance d'ensemble au débit.

On a construit une hotte de cuisinière en se servant des composantes recommandées et fournies par le fabricant de ventilateurs, et on a rubané tous les joints des conduits. L'autre installation faisait appel à la même hotte de cuisinière mais le capuchon de mur était du type communément utilisé pour la bouche d'évacuation d'une sècheuse, et les conduits étaient ronds, de 100 mm de diamètre, plutôt que de forme rectangulaire et de 85 mm sur 255 tels que ceux mentionnés plus haut. Les deux installations avaient la même longueur totale.

Dans le premier cas, la montée de pression à la hotte de cuisinière était de 50 Pa et le débit d'évacuation de l'installation était d'environ 90 L/s. Dans le deuxième cas, la montée de pression au ventilateur était de 133 Pa, alors que le débit d'évacuation de l'installation était de seulement 50 L/s. L'utilisation du conduit de 100 mm à la place du conduit rectangulaire recommandé de 85 mm sur 255, avait réduit le débit d'environ 45 %.

L'enrubannage des joints des conduits semblait avoir eu un effet négligeable sur le taux de débit volume.

On a mené des essais semblables sur des systèmes d'extraction composés installés dans des salles de bains : un système tel que recommandé par le fabricant; un système avec le type commun de capuchon mural de 100 mm utilisé pour les sorties de sècheuses et un conduit plus petit de 75 mm de diamètre; un autre système identique au précédent sauf que le capuchon mural de sortie de sècheuse était de 75 mm; et un dernier système muni de conduits souples plutôt que rigides, les autres composantes étant les mêmes que dans le système précédent.

La vitesse d'évacuation par les capuchons de mur était plus forte dans le système recommandé par le fabricant. En diminuant le conduit à 75 mm, on obtenait une réduction de débit de 25 %. Le système dont le conduit et le capuchon mural étaient tous deux plus petits avait un débit d'évacuation environ 30 % plus faible que celui du système recommandé. Enfin, la diminution la plus remarquable s'est trouvée dans le système à conduit souple. On a observé une chute de 45 % dans le débit volume s'échappant du capuchon de mur, en comparaison avec le rendement du système recommandé.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES AUX INSTALLATIONS

La FRO [42] conclut qu'il est important d'installer un ventilateur de capacité appropriée et de s'assurer que les conduits répondent aux directives du fabricant.

Les conduits souples ne devraient être utilisés que lorsque les parcours ne sont pas longs et seulement quand il est question d'un conduit d'un

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

diamètre d'une taille de plus. Par exemple, on devrait utiliser un conduit souple de 125 mm là où l'on se servirait normalement d'un conduit galvanisé rond de 100 mm.

La FRO [42] en arrive à la conclusion que dans le cas des systèmes exigeant

un grand nombre de coudes, il faudrait rubaner tous les joints des conduits afin de réduire les fuites excessives. Il ne serait pas nécessaire de rubaner les joints dans les passages relativement droits des installations de ventilation.

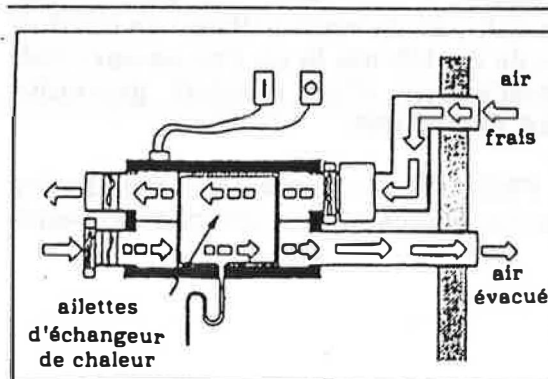
3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

VENTILATEURS-RÉCUPÉRATEURS DE CHALEUR

INTRODUCTION

Les maisons étant de plus en plus étanches à l'air, il devient nécessaire de recourir à une installation de ventilation mécanique pour évacuer l'air intérieur vicié et le remplacer par de l'air frais venu du dehors. On croit généralement que l'air d'une maison devrait se renouveler complètement environ une fois toutes les trois heures. Le moyen le plus simple d'y arriver est de se servir de ventilateurs d'évacuation et d'alimentation séparés. Malheureusement, un tel système ferait perdre de grandes quantités d'énergie, pouvant atteindre jusqu'à un tiers de toute l'énergie qu'il faut pour chauffer une maison bien isolée et bien étanche.

Les ventilateurs-récupérateurs de chaleur (VRC), comme leur nom l'indique, fournissent de la ventilation tout en récupérant l'énergie calorifique contenue dans l'air intérieur vicié qui est évacué de la maison. Dans leur forme la plus simple, les ventilateurs-récupérateurs de chaleur se composent d'un échangeur de chaleur, de ventilateurs de circulation (un pour l'extraction et un pour l'alimentation en air frais), de filtres afin d'enlever la saleté de l'air qui entre dans l'appareil, d'un conduit d'évacuation de l'eau de condensation, de capteurs et de commandes de dégivrage afin d'enlever la glace qui se forme sur l'échangeur de chaleur dans le courant d'air d'évacuation, et des commandes permettant de régler la vitesse du ventilateur ou la quantité de ventilation selon le besoin. Certains VRC font appel aux techniques de pompage en plus ou à la place des ailettes d'échangeur de chaleur pour réaliser la récupération de la chaleur contenue dans l'air de ventilation.



Coupe transversale d'un VRC [64]

COMPARAISON ENTRE DIVERS VRC

On attribue au programme canadien R2000 une bonne part du mérite d'avoir encouragé et favorisé la mise au point des VRC. Une installation d'essai et d'évaluation de matériel de VRC était créée dès 1983 à la FRO (aujourd'hui ORTECH). Avec les ans, les fabricants de VRC ont pu apporter des améliorations importantes au rendement de leurs appareils, grâce à des recherches poussées et aux tests d'homologation requis pour se conformer aux exigences du programme R2000.

Il est possible de se procurer auprès de ORTECH International des données de rendement relatives à presque tous les VRC sur le marché. La « Fiche signalétique des VRC » donne des renseignements sur le modèle particulier soumis au test, les caractéristiques de débit d'air de l'appareil en tant que fonction de la pression statique externe, le rendement énergétique, la puissance de ventilateur exigée, l'efficacité de l'échangeur de chaleur et une description du fonctionnement du système de dégivrage.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

RENDEMENT DES VRC SUR PLACE

De nombreuses études ont évalué le rendement du matériel de VRC sur place. EMR a financé l'évaluation des taux de débit dans 259 ventilateurs-récupérateurs de chaleur installés dans des logements R2000 à travers le Canada. Dans la plupart des logements, les VRC arrivaient à dépasser les exigences R2000 (d'alors), soit 5 L/s par pièce et 10 L/s pour le sous-sol et les espaces utilitaires. Dans les maisons plus grandes, cependant, le débit des VRC était insuffisant. On a constaté de nombreux problèmes parmi lesquels un manque d'équilibre du système, entraînant un mauvais équilibre évacuation-alimentation qui s'est répercuté sur la consommation d'énergie calorifique; des conduits mal conçus; un usage excessif de conduits souples; et le recours à des conduits de petit diamètre, causant des réductions importantes de débit. Ces découvertes ont amené la mise sur pied de cours de formation nationaux et l'introduction d'une « seconde génération » de VRC à capacité de débit améliorée, qui promettaient de se conformer aux critères du programme et à une meilleure assurance de la qualité.

DIVERS VRC ÉVALUÉS

Dans l'ensemble résidentiel Flair de Winnipeg, on a évalué le rendement de divers types d'installations de ventilation [58], y compris des VRC conventionnels et des VRC à thermopompe. On a étudié en détail ces deux types d'installation, les combinant au système existant de chauffage à air pulsé ou à un système spécialisé de distribution d'air dans des maisons à plinthes chauffantes. Les combinaisons de systèmes sont arrivées à fournir les taux de ventilation de calcul, à l'aide d'un bon

mélange d'air de ventilation partout dans la maison. Les taux de ventilation par zone n'étaient pas affectés par la position des portes intérieures. Les systèmes de VRC spécialisés arrivaient à fournir les taux de ventilation de calcul, mais ils ne créaient pas l'équilibre entre les zones aussi bien que les systèmes combinés. Les fuites des conduits constituaient aussi un problème plus important dans les systèmes de VRC spécialisés parce qu'ils fonctionnent à des pressions statiques plus élevées.

Les VRC à thermopompe et à extraction seulement étaient incapables de donner les taux de ventilation de calcul. C'était apparemment à cause d'une fuite importante dans le bâti de l'appareil et de fuites internes croisées. L'autre VRC à thermopompe réunissait les fonctions de chauffage des locaux et de chauffe-eau domestique en un seul système. On y a trouvé les mêmes problèmes de fuite dans le bâti, et l'air s'échappait de la veine en grandes quantités par les trous du conduit d'évacuation de l'eau de condensation, débouchant au sous-sol. Comme il passait un gros volume d'air extérieur dans la thermopompe, les fuites du bâti ont eu des effets graves sur l'étanchéité à l'air de la maison.

FIABILITÉ DES COMPOSANTES DE VRC

Howell-Mayhew [39] ont réalisé récemment, à la demande du ministère des Affaires publiques de l'Alberta, l'évaluation de matériel de VRC installé sur le terrain dans 10 maisons de la province. L'enquête a consisté entre autres choses à vérifier les commandes des installations et les composantes des VRC. Dans deux maisons, l'hygrostat n'avait pas été posé; dans une autre, le moteur du registre ne fonctionnait pas; dans une maison, les ailettes de

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

l'échangeur de chaleur du VRC étaient mal posées; dans un des VRC, on n'avait pas installé les postes de jaugeage nécessaires pour équilibrer le débit d'air sur le terrain; et les joints des conduits étaient scellés dans seulement une maisons sur les dix.

Parmi les autres problèmes décelés dans les composantes de VRC, mentionnons des moteurs défectueux de registre de dégivrage; des capteurs de température de dégivrage affectés par la condensation et la corrosion; des registres de dégivrage gelés au conduit d'admission; des filtres rétrécis sous l'effet du lavage et devenus trop petits; et des défauts dans l'isolation du bâti après un fonctionnement considérable. Les fabricants ont corrigé depuis lors la plupart de ces problèmes. On avait affirmé que le bruit était moins fort que dans les premiers appareils, mais la nécessité d'une alimentation continue en air frais a été la source de plaintes exprimées durant l'enquête, à cause du bruit des moteurs à prise directe des ventilateurs de générateurs de chaleur dans les systèmes combinés. On a dit que les ventilateurs aspirants à prise directe ne pouvaient pas fonctionner à faible vitesse, pour des raisons de fiabilité. Par contre, dans le cas des moteurs commandés par thermostat, on se plaignait du bruit provenant de la commande elle-même.

LES VRC ET LA MOISSURE

À la suite de rapports signalant que d'autres installations de chauffage, de ventilation et de climatisation étaient des sources possibles de pollution aérienne fongique, on a cru que les VRC pouvaient être aussi atteints de ce problème. EMR a financé des expériences en laboratoire [27] visant à vérifier la possibilité de faire pousser des moisissures sur chacune des composantes de VRC dans des

conditions optimales de croissance. On a aussi mené une étude comparée de 74 VRC afin d'échantillonner et d'analyser les types de micro-organismes présents dans des conditions d'utilisation normale. On n'a observé aucune moisissure sur les éléments de métal et de plastique des VRC. Seuls les filtres de papier et de carton se sont révélés susceptibles à la croissance de moisissures. L'étude en laboratoire a conclu qu'il y avait très peu de possibilité que la moisissure survive dans les VRC dans des conditions d'entretien convenable et en changeant les filtres régulièrement. L'enquête sur place, pour sa part, a découvert toutes les espèces fongiques présentes ordinairement dans les maisons canadiennes. Le rapport a conclu que les VRC ne sont pas une source de polluants fongiques dans l'air intérieur et ne constituent pas une menace pour la santé des occupants. Il soulignait cependant l'importance d'une installation bien faite ainsi que d'un entretien et d'un nettoyage réguliers afin de réduire la possibilité que la moisissure ne s'installe dans les VRC.

DÉGAZAGE ORGANIQUE DES VRC

Dans une autre étude en laboratoire [55], on s'est penché sur la crainte que les matières plastiques utilisées dans la fabrication des ailettes des échangeurs de chaleur des VRC puissent contribuer à polluer l'air intérieur. On a mis au point la méthode et les appareils nécessaires pour soumettre les ailettes à des essais, qui n'ont montré aucun dégazage important des composés organiques des noyaux. S'il y avait dégazage des ailettes de VRC, les quantités étaient extrêmement faibles, bien en deça des traces d'éléments ordinairement présentes dans l'air ambiant. La Fondation de recherches de l'Ontario [55] en a conclu qu'il faudrait soumettre aux mêmes tests un autre

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

échantillon important de VRC avant de se permettre d'énoncer des conclusions générales quant à leur dégazage.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

MATÉRIEL INTÉGRÉ DE CHAUFFAGE ET DE VENTILATION

Bien des efforts ont été consentis en vue de mettre au point du matériel de ventilation comme le ventilateur-récupérateur de chaleur, mais on a accordé peu d'attention à résoudre les problèmes de contre-tirage et de refoulement des produits de la combustion. C'est un problème susceptible de s'exacerber dans les maisons à enveloppe plus étanche lorsque la cheminée doit faire concurrence à d'autres appareils à extraction tels que l'aspirateur central, la sècheuse et le gril.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement [72] a mis les fabricants de matériel de ventilation et de chauffage au défi de produire des appareils qui respectent l'intention de la norme CSA F326, en donnant une ventilation conforme aux exigences de la norme tout en maintenant la pression de la maison dans les limites fixées par la norme. Dans le contexte du présent article, l'expression « matériel intégré » de chauffage et de ventilation se rapporte à un principe selon lequel tous les dispositifs de chauffage et de ventilation d'un logement fonctionnent en harmonie afin d'assurer la sécurité des occupants de maisons munies d'appareils à combustion.

Selon les conclusions de l'étude, il n'y a eu aucune difficulté à respecter les exigences de la norme quant à l'air de ventilation, mais les problèmes ont surgi au moment de s'assurer que la perte de pression ne dépasse pas 5 Pa dans les maisons munies d'appareils de chauffage à tirage naturel. On a jugé que les conduits passifs d'air de compensation n'arrivaient pas du tout

à contrôler la pression intérieure et qu'il fallait des plans de maisons prévoyant l'installation de ventilateurs intégrés d'air de compensation. On décrira ci-dessous certains de ces plans.

SYSTÈME DE GESTION DE L'AIR

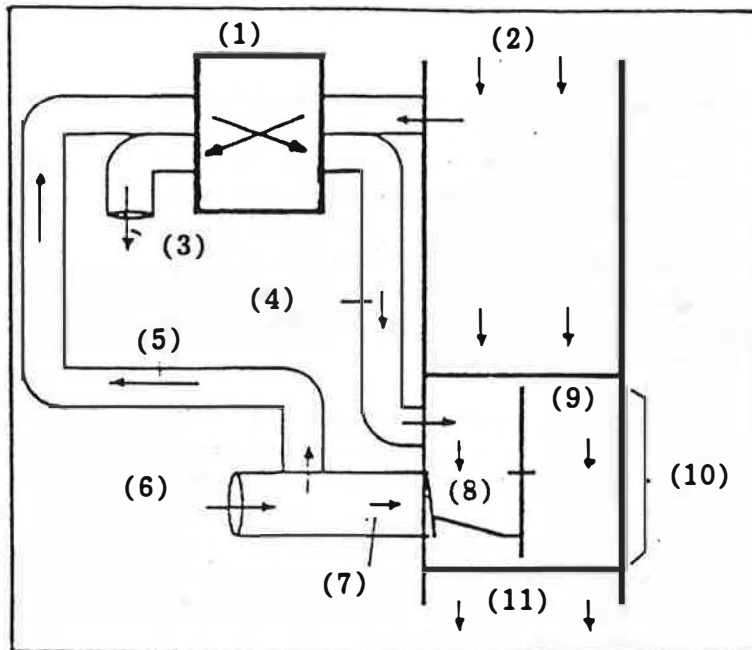
Siricon Ltd. a mis au point un système de ce type dans le cadre d'un marché avec la Société canadienne d'hypothèques et de logement [9]. Le système de « gestion de l'air » module l'alimentation en air frais en réaction au fonctionnement de ventilateurs extracteurs dans la maison. Le système se compose d'une caisse de mélange dans laquelle sont pratiquées deux ouvertures, une pour l'air frais et l'autre pour l'air de compensation.

L'orifice d'air de compensation est doté d'une aube à ressort qui s'ouvre et se ferme à des pressions précises. Dans la caisse de mélange, il y a un registre tournant actionné par un moteur pas-à-pas que commande un microprocesseur. Le registre tourne et augmente ou diminue la pression d'aspiration dans la caisse de mélange, contrôlant ainsi le taux de ventilation ou d'air de compensation. Le registre est également relié à l'aube à ressort qui se trouve sur l'orifice d'air de compensation.

Le système de « gestion de l'air » gère à la fois la sécurité et les commandes du chauffage et de la ventilation. Le fonctionnement du brûleur dans la chaudière, la vitesse du ventilateur, la modulation de la pompe de circulation eau-air, la température de l'air d'alimentation de la maison, de même que la pression de la maison sont tous commandés par le système.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

- (1) VRC
- (2) AIR REMIS EN CIRCULATION
- (3) AIR ÉVACUÉ
- (4) AIR DE VENTILATION RÉCHAUFFÉ
- (5) AIR DE VENTILATION FROID
- (6) AIR EXTÉRIEUR
- (7) AIR DE COMPENSATION
- (8) AUBE
- (9) REGISTRE
- (10) CAISSE DE MÉLANGE
- (11) AIR D'ALIMENTATION



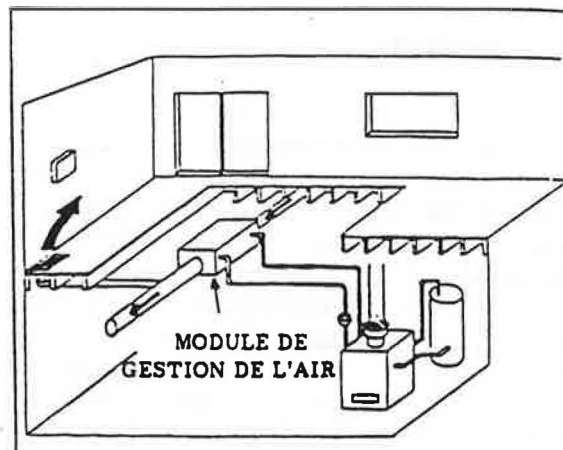
Système de gestion de l'air, utilisé avec un VRC [72]

Le contrôle de pression est un capteur de différence de pression qui réagit sur le registre à ressort posé dans la caisse de mélange. On réduit le débit d'évacuation ou on augmente l'arrivée d'air frais en modulant le registre dans la caisse de mélange. Lorsque l'on se trouve dans des conditions critiques de contre-pression, le registre tournant motorisé agit sur le registre d'arrivée d'air frais afin qu'il obstrue le courant de retour d'air provenant de la maison, tout en ouvrant l'aube à ressort de l'air de compensation pour faire entrer de l'air frais. On peut augmenter la vitesse du ventilateur de circulation afin d'intensifier au besoin le débit d'air de compensation. Si l'on veut, le registre modulateur peut obstruer complètement le retour d'air et faire entrer de l'air frais à 100 % dans le système d'alimentation.

MODULE DE GESTION DE L'AIR

Sheltair Scientific Ltd. [49] a élaboré une méthode différente pour régler le problème du contrôle de la pression.

Leur « module de gestion de l'air » (MGA) se compose d'une boîte rectangulaire contenant un ventilateur aspirant centrifuge, une rangée de serpentins de cuivre formant un échangeur de chaleur perpendiculaire à la veine d'air, une boucle de tuyau depuis la chaudière jusqu'au MGA, un circulateur, une vanne mélangeuse à trois orientations et un thermostat.



Le module de gestion de l'air, un système de contrôle de la pression [72]

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

Dans le vide sous toit de la maison expérimentale, on a installé un ventilateur extracteur central (VEC) relié par des conduits à chacune des quatre salles de bains. Le débit d'air dans le MGA était équivalent à l'air évacué par le VEC. L'occupant pouvait choisir lui-même le taux ou la vitesse de ventilation.

La commande de pression, dans ce cas, faisait varier le débit traversant dans le VEC, le MGA, et tout autre appareil extracteur. Par exemple, si le VEC fonctionnait à vitesse élevée, le débit d'air du MGA équivalait au débit d'évacuation produit. Si l'on mettait en marche un ventilateur extracteur puissant comme celui d'une sècheuse ou d'un gril, le VEC passait automatiquement à vitesse faible et le MGA continuait de fonctionner à vitesse élevée. Au besoin, on pouvait mettre hors tension certains dispositifs extracteurs pour en arrêter le fonctionnement. S'il était incommodé, l'occupant pouvait asservir temporairement un des dispositifs affectés.

Ni le « module de gestion de l'air » ni le « système de gestion de l'air » ne sont encore sur le marché.

VRC INTÉGRÉ

Venmar Ventilation Ltd, à la demande de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, a réalisé une autre expérience intéressante de mise au point de matériel intégré [32]. Il s'agissait d'intégrer un ventilateur-récupérateur de chaleur et un système perfectionné de capteurs et de contrôle de pression. Le VRC était muni de registres mécaniques posés dans les conduits d'alimentation et d'évacuation. Au moyen de commandes appropriées, les registres pouvaient

régulariser le débit d'alimentation et d'évacuation afin de maintenir la pression de la maison dans les limites de la norme CSA F326, intitulée « Ventilation mécanique des habitations ».

Venmar a mis au point un simple capteur de pression fait d'un thermistor autochauffant. En le mettant dans un petit tube ouvrant d'un côté sur l'extérieur et de l'autre sur l'intérieur de la maison, on pouvait mesurer la vitesse de l'air passant dans le conduit et la convertir en différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Le capteur de vitesse saisissait des vitesses allant de 0 à 6 mètres/seconde, avec une exactitude déclarée de 0,1 mètre/seconde.

En cas de déséquilibre de pression dans la maison, un microprocesseur transmettait aux registres mécaniques un signal de commande provenant du capteur de pression. Les registres modifiaient alors le débit dans l'une ou l'autre des veines d'air ou dans les deux, au besoin, et le nouveau débit était mesuré et transmis au microprocesseur. Il n'était pas nécessaire de connaître la présence d'autres dispositifs d'extraction, mais seulement leur effet sur la pression intérieure-extérieure telle que mesurée par le capteur.

Les registres de débit étaient du type pivotant, menés par des moteurs à courant continu et des arbres de commande flexibles.

Un résisteur variable servait à établir la position du registre. Les registres pivotants permettaient un meilleur contrôle du débit linéaire, réduisant les tâtonnements nécessaires avant de trouver la bonne position de fonctionnement.

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

NORMES DE RENDEMENT DU MATÉRIEL

Il faut des normes crédibles de rendement du matériel afin de permettre aux concepteurs professionnels, aux constructeurs et aux entrepreneurs de concevoir et de choisir le matériel de ventilation résidentielle des maisons canadiennes. C'est dans ce but que l'Association canadienne de normalisation a défini des normes de rendement et mis au point des méthodes uniformes de test.

Les normes de rendement sont maintenant en vigueur pour faire l'essai et l'évaluation des produits de ventilation, déterminer leur capacité de débit d'air et le bruit qu'ils font, selon une méthode uniforme établie.

RENDEMENT OBLIGATOIRE DES VENTILATEURS ET DES COMPOSANTES D'ÉVACUATION

La norme F326 de l'Association canadienne de normalisation, intitulée Ventilation mécanique des habitations, stipule que les caractéristiques d'air fourni et de bruit produit par les ventilateurs soufflants et les ventilateurs extracteurs seront déterminées en conformité avec la norme CSA CAN/C260-M90, régissant le rendement du matériel de ventilation mécanique des habitations.

Bien que la norme CSA F326 ne soit pas encore mentionnée dans les codes national et provinciaux du bâtiment, on s'attend à ce que la chose se fasse avant 1995. Une fois que la norme sera dans les codes, il deviendra obligatoire pour les fabricants de procéder à des essais et à l'évaluation de tout le matériel de ventilation destiné aux habitations du Canada.

La norme CSA F326 exige également que les ventilateurs-récupérateurs de

chaleur soient soumis à des tests et évalués conformément à la norme CSA C439, ayant trait aux méthodes standard de test pour l'évaluation du rendement des ventilateurs-récupérateurs de chaleur. La norme F326 exige aussi que les composantes d'installation de ventilation telles que prises d'air, sorties d'air évacué (capuchons de mur et de toit), filtres et grilles s'accompagnent de données sur leurs caractéristiques relativement à la perte de pression d'air ou au débit. La norme ne précise pas de méthode pour la définition de ces caractéristiques.

CARACTÉRISTIQUES NORMALES DE DÉBIT

La norme CAN/CSA-C260-M90 exige que le débit d'air soit déterminé à 10 points tests sur toute la portée, depuis la pression statique maximum (cycle d'arrêt) jusqu'à l'écoulement libre (pression statique zéro). Il faut mesurer le débit d'écoulement et la pression à chaque point test, ainsi que la puissance électrique et la vitesse du ventilateur.

Les mesures de débit s'effectuent en conformité avec les exigences des normes ANSI/AMCA/ASHRAE (ANSI/AMCA 210-85 et ANSI ASHRAE 51-1985). Selon ces normes, il faut utiliser une chambre de diffuseur et calculer le débit volume en mesurant la perte de pression sur le diffuseur, la pression statique aux entrées du diffuseur, la température au thermomètre sec et au thermomètre mouillé, et ensuite intégrer ces valeurs à des équations fournies par la norme.

La norme CSA C260-M90 précise la pression statique à imposer au ventilateur pendant le test, selon la classification de l'appareil (prise à conduit, prise sans conduit, sortie à conduit, sortie sans conduit). La

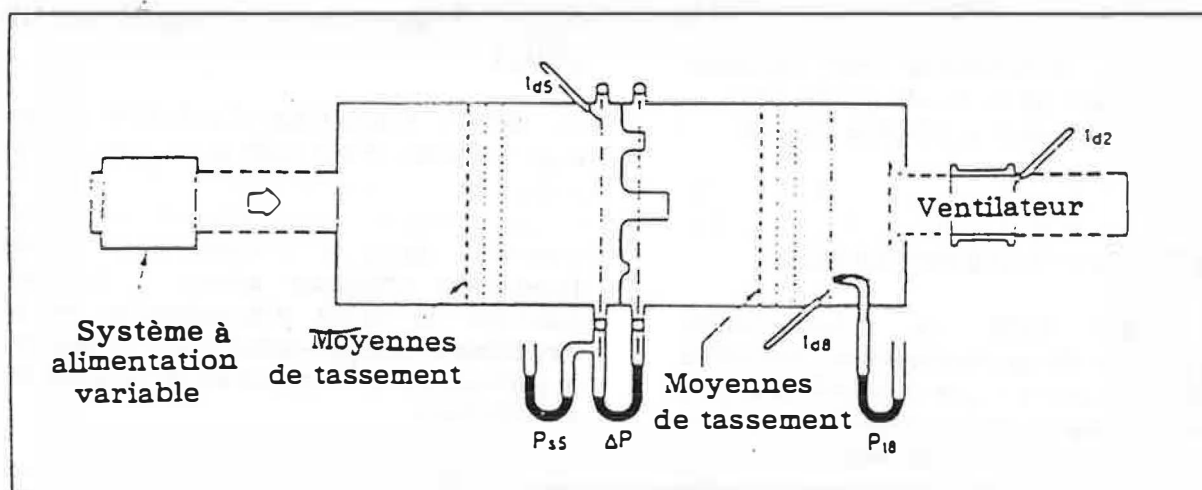
3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

norme fournit des diagrammes de chambre de diffuseur pour chacune de ces situations.

La même norme décrit les tests de pollution croisée à faire subir au matériel intégré d'alimentation et d'évacuation. On ajuste les débits d'alimentation et d'évacuation en tenant compte de la fuite nette mesurée entre le courant d'alimentation et le courant d'évacuation, et on se sert de

la valeur ainsi obtenue pour établir les caractéristiques.

Enfin, la norme CSA C260 exige que les caractéristiques de débit énoncées par les fabricants de ventilateurs soient données dans les publications existantes et inscrites de façon indélébile sur le matériel. L'inscription doit également indiquer la pression statique correspondante, au débit d'air spécifié.



**Chambre à diffuseurs multiples pour la mesure du débit d'écoulement
[Norme ANSI/AMCA 210-85]**

3. MATÉRIEL ET COMPOSANTES DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

CARACTÉRISTIQUES NORMALES DE BRUIT

La norme CSA C260-M90 contient aussi des exigences pour l'essai et l'évaluation du matériel de ventilation relativement au bruit produit. La méthode de test utilisée est censée produire une caractéristique représentant le son émis par le matériel de ventilation lorsqu'il est correctement installé et remplit ses fonctions normales.

La définition des caractéristiques de puissance sonore se fait en deux étapes. On mesure d'abord, dans une salle réverbérante, la puissance sonore émise par un appareil, selon une séquence de bandes d'un tiers d'octave entre 50 et 10 000 Hz. Ensuite, on mesure la puissance sonore totale devant être utilisée comme la caractéristique sonore du produit.

L'appareil soumis au test est installé de façon à simuler les conditions d'installation sur place. Ces conditions varient selon la classification de l'appareil (prise et sortie sans conduit, prise ou sortie intérieure à conduit, prise ou sortie extérieure à conduit, prise et sortie à conduit). La norme fournit, pour chaque classification, des illustrations montrant comment installer les appareils pour le test. Ces

diagrammes tiennent compte, par exemple, des chemins par lesquels le son peut entrer dans une pièce : émission directe à l'intérieur de la pièce, transmission par un conduit amenant de l'air dans la pièce ou en évacuant, et vibration des murs ou du plancher causée par les vibrations du dispositif de test lui-même. Il faut une chambre sourde afin de s'assurer que le son réfléchi ou réverbérant provenant de l'espace environnant n'affecte pas la puissance sonore mesurée dans la salle réverbérante. Pendant le test, on enregistre le voltage et la vitesse du ventilateur afin de les mettre en rapport avec les données de débit d'air fourni. La vitesse du ventilateur doit être à 1 % ou moins de la vitesse enregistrée durant le test de débit à pression statique nominale.

Les mesures de puissance sonore doivent se prendre en conformité avec la norme ANSI S1.31 à trois endroits différents au moins de la salle réverbérante. Le débit sonore nominal sera le niveau de puissance sonore pondéré par A et exprimé en décibels (dBA), calculé à partir des niveaux de puissance sonore des bandes d'un tiers d'octave, mesurés de la façon prescrite dans la norme. On peut aussi calculer une caractéristique équivalente en sones en suivant une méthode expliquée dans la norme.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

RÉSUMÉ

On présente ici le rendement, les mérites relatifs et l'applicabilité d'un grand nombre d'installations de ventilation destinées aux habitations. Le type le plus commun est l'installation d'extraction ponctuelle à un seul point d'évacuation, par exemple les ventilateurs de salle de bains et les hottes de cuisinières. Les installations à un ou plusieurs points d'évacuation dans une maison avec en plus un point central d'évacuation, bien que moins répandues au Canada, sont incluses dans l'étude.

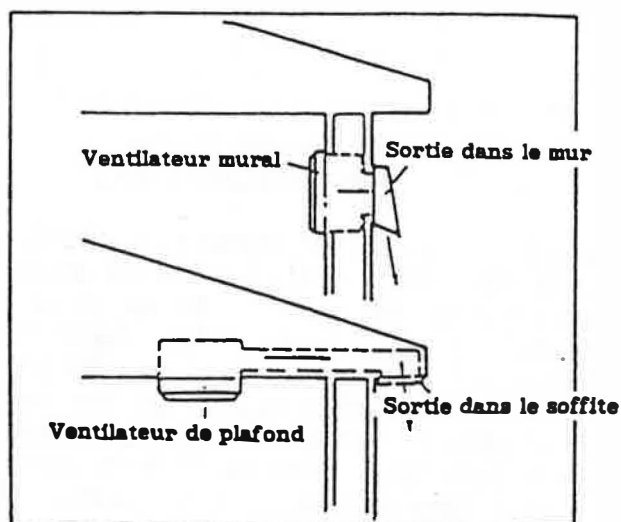
Si l'on veut éviter le refoulement ou le contre-tirage des gaz des appareils à combustion, il faut une installation de ventilation équilibrée. Un certain nombre d'installations de ventilation équilibrée, soit des systèmes de ventilateur-récupérateur de chaleur ou des systèmes plus simples, sont en usage au Canada ou ont fait l'objet d'essais sur place afin d'en déterminer l'efficacité. Il arrive souvent, cependant, que des installations de ventilation à alimentation seulement, du type alimentation en air frais vers plénum de reprise d'air, fonctionnent sans ventilateur d'extraction.

Un concept intéressant d'installation de ventilation, le mur dynamique, a fait l'objet d'études limitées. Cette méthode utilise la contre-pression pour aspirer et réchauffer de façon uniforme l'air frais avant qu'il ne pénètre dans les espaces habités. Par ailleurs, les installations de ventilation passive, bien que simples et peu coûteuses au départ et à faire fonctionner par la suite, ne sont pas toujours fiables. Quant aux installations de ventilation résidentielle des régions nordiques ou éloignées, on a fait l'essai de systèmes de ventilation passive et aussi du ventilateur-récupérateur de chaleur, avec un certain succès.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

INSTALLATION D'EXTRACTION PONCTUELLE

Les installations d'extraction ponctuelle permettent de choisir l'emplacement des grilles d'évacuation et sont relativement peu coûteuses. Il est beaucoup plus efficace d'éliminer un polluant à sa source que de diluer l'air pollué pour ensuite évacuer le mélange qui en résulte. Les installations d'extraction ponctuelle se servent de ventilateurs autonomes pour extraire l'air des espaces de la maison où se crée la pollution et l'évacuer à la source même plutôt que de réunir les courants d'air pollué et de les rejeter ensemble à un point central d'évacuation. Les cheminées d'évacuation passive, comme on le voit dans la section sur les installations passives, peuvent aussi être considérées comme des dispositifs d'extraction ponctuelle. De plus, certains autres appareils domestiques servent d'installation d'extraction ponctuelle de façon intermittente : les ventilateurs de gril à tirage par en bas, les sècheuses, les foyers et parfois les systèmes d'aspirateur central.



Installations d'extraction ponctuelle au mur et au plafond [57]

Les installations d'extraction ponctuelle peuvent être utilisées concurremment avec tout type de système d'alimentation en air frais : mur dynamique, air frais vers reprise d'air, ou alimentation passive.

Les installations d'extraction ponctuelle ne nécessitant pas de réseau élaboré de conduits pour relier les points d'évacuation à un ventilateur central, on élimine ainsi les fuites et les pertes par friction propres à ce type de réseau. Il n'est habituellement pas non plus nécessaire que les fils des commandes aillent d'un point central à chacun des points d'évacuation, comme c'est souvent le cas avec les installations centrales de ventilation d'extraction. La nature modulaire de ces dispositifs les rend relativement facile à utiliser lorsque l'on installe la ventilation après coup et que d'autres types de système seraient trop difficiles à mettre en place.

Le principal inconvénient des installations d'extraction ponctuelle est qu'elles ne sont généralement pas pratiques pour récupérer la chaleur contenue dans un certain nombre des veines d'air d'évacuation distribué. Le câblage coûte plus cher à cause du nombre de ventilateurs à installer. De plus, il faut faire bien attention avec les installations d'extraction ponctuelle, comme avec tous les systèmes d'évacuation utilisés dans une maison dotée d'appareils à combustion à tirage naturel.

RENDEMENT DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

Caneta Research [21] a étudié le rendement d'installations d'extraction ponctuelle fonctionnant avec des dispositifs variés d'alimentation en air de ventilation dans deux maisons différentes. Un ventilateur extracteur à fonctionnement continu dans la cuisine et un autre dans la salle de

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

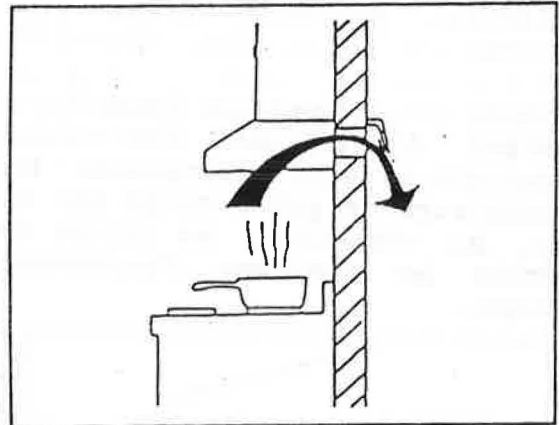
bains fournissaient la puissance totale d'évacuation mécanique telle que le précise la norme CSA F326. La présence simulée d'un polluant émanant du bâtiment (le formaldéhyde) et d'un polluant produit par les occupants (l'anhydride carbonique) ont montré que chaque installation éliminait des concentrations de polluants dans les limites des lignes directrices de l'ASHRAE et de Santé et Bien-être social Canada. Il s'agissait des installations suivantes :

- (a) alimentation entièrement distribuée - aucune remise en circulation
- (b) alimentation partiellement distribuée - aucune remise en circulation
- (c) alimentation au sous-sol seulement - aucune remise en circulation
- (d) alimentation à la reprise du système de chauffage - taux faible, modéré et fort de remise en circulation
- (e) alimentation au sous-sol - taux modéré de remise en circulation
- (f) extracteurs de cuisine et de salle de bains remplacés par un seul extracteur au sous-sol - taux modéré de remise en circulation.

Les résultats laissent croire que les installations d'extraction ponctuelle pourraient être efficaces avec presque tous les systèmes d'alimentation qui font bien circuler l'air dans toutes les pièces. Il faut utiliser des hottes de cuisinière et des ventilateurs de salle de bains améliorés si l'on veut un fonctionnement silencieux et la fiabilité nécessaire pour évacuer les 76L/s requis en se servant du réseau de conduits déjà en place.

RENDEMENT DU VENTILATEUR EXTRACTEUR

Les ventilateurs extracteurs de salle de bains et les hottes de cuisinière sont les appareils d'extraction ponctuelle les plus répandus, mais ils fonctionnent rarement de façon continue. Une enquête réalisée par Sheltair Scientific [71] a permis de constater que plusieurs de ces appareils manquaient d'entretien et étaient souvent mal installés. Les ventilateurs de salle de bains et de cuisine qui faisaient réellement circuler l'air avaient des débits moyens d'entre 17 L/s et 59 L/s. Les fuites des conduits comptaient pour 35 % et 22 % (respectivement) de l'air évacué par les grilles.



Extraction ponctuelle par une hotte de cuisinière [57]

Selon une étude effectuée par l'HRAI et la FRO [41], [42], les ventilateurs extracteurs de salle de bains et les hottes de cuisinière des maisons canadiennes auraient des débits d'évacuation beaucoup plus faibles que ceux cités par les fabricants dans leur documentation (moins de 50 % du taux cité, ordinairement). Cette étude a aussi permis de constater que si les appareils étaient installés en respectant les directives du fabricant,

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

la plupart des systèmes d'évacuation résidentielle fonctionneraient tel que prévu.

Hamlin et al. [35] ont fait l'analyse de données recueillies lors d'études antérieures afin d'examiner jusqu'à quel point les pratiques actuelles d'installation de ventilation parvenaient à respecter les exigences de ventilation dans les logements neufs. En supposant que toutes les maisons neuves ont au moins un ventilateur extracteur dans la salle de bains et un dans la cuisine, 64 % d'entre elles respecteraient les

exigences de la norme CSA F326 (quoique ces ventilateurs ne conviennent ordinairement pas à un fonctionnement permanent). Dans 20 % des maisons neuves, les ventilateurs ordinaires de sècheuse, de salle de bains et de cuisine causeraient une perte de pression supérieure à 10 Pa. En tenant compte des taux de la distribution, de la perte de pression et du débit d'air, on estime que 40 ± 10 % des maisons étudiées répondraient aux exigences de la norme CSA F326 en recourant aux pratiques actuelles de ventilation.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

INSTALLATION CENTRALE DE VENTILATION D'EXTRACTION

Les installations centrales de ventilation d'extraction enlèvent tout l'air extrait mécaniquement à travers un seul conduit, ce qui maximise les possibilités de récupérer la chaleur contenue dans l'air. À peu près tous les types de systèmes de récupération de la chaleur utilisent une installation centrale de ventilation d'extraction. Il n'y a en général qu'un seul ventilateur d'extraction, ce qui réduit au minimum les coûts de l'installation électrique. C'est aussi un système à commandes simples et il se prête bien à l'intégration aux installations de contrôle de l'équilibre de la pression, qui font varier le débit d'extraction et d'alimentation en réaction aux différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur. Il permet aussi d'utiliser un ventilateur soufflant de meilleure qualité, puisqu'il n'en faut qu'un seul. De plus, en limitant le nombre d'ouvertures dans l'enveloppe, on se ménage probablement des économies tout en améliorant l'étanchéité à l'air.

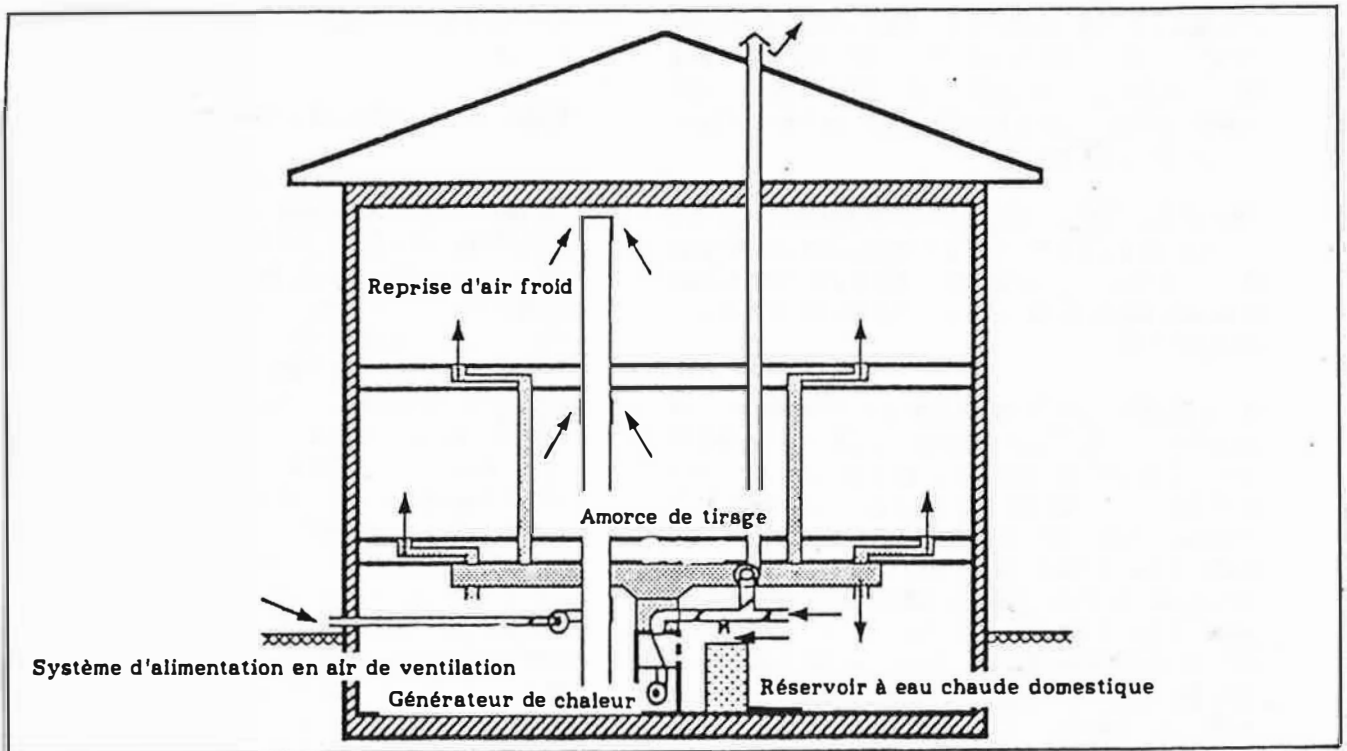
L'installation centrale de ventilation d'extraction peut avoir un seul point d'évacuation ou en avoir plusieurs reliés entre eux par des conduits, afin de tirer profit de l'élimination des polluants à la source. Les installations de ce type peuvent être utilisées de pair avec à peu près tous les systèmes d'alimentation ou les systèmes de prises réparties pour l'air frais. Le principal inconvénient des installations centrales de ventilation d'extraction, surtout lorsqu'il s'agit de les mettre en

place après coup, est le prix élevé des conduits qu'il faut poser pour relier tous les points d'évacuation au système central. Certains frais peuvent venir s'ajouter si l'on veut disposer d'une commande de capacité (vitesse) à chacun des points d'évacuation.

UN SEUL POINT D'ÉVACUATION

Caneta Research [21] a soumis à des essais et à des simulations une installation expérimentale de ventilation à extraction centrale, utilisant un seul point d'extraction et une seule ouverture déjà pratiquée dans l'enveloppe pour évacuer l'air. Le système se composait de deux éléments de base : un ventilateur à fonctionnement continu relié à l'évent anti-siphonnage pour amorcer le tirage; et un collecteur permettant de relier à l'entrée du ventilateur le générateur de chaleur, les bouches d'évacuation du réservoir d'eau chaude, et un conduit d'extraction de la maison. Le système permet l'évacuation sécuritaire des produits de la combustion et l'extraction de l'air vicié de la maison avec le minimum de surventilation au moment de la mise en marche du générateur ou du chauffe-eau. Dans une simulation d'alimentation d'air frais vers le plénum d'air de reprise, cette installation à un seul point d'extraction a donné un bon contrôle de la qualité de l'air, et des concentrations de polluants à peine plus fortes que celles qu'aurait produites une installation utilisant un ventilateur d'extraction dans la cuisine et un autre dans la salle de bains.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION



Installation expérimentale de ventilation à extraction centrale

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

PLUSIEURS POINTS D'ÉVACUATION

La même étude a permis d'analyser les données relatives à une installation de VRC à débit équilibré, à un seul point d'alimentation et cinq points d'évacuation. On a constaté qu'elle donnait généralement une bonne qualité d'air mais que les crêtes de CO₂ étaient trop élevées dans une salle de séjour à alimentation et extraction indirectes, même si le taux de ventilation de l'ensemble de la maison était de 0,3 ra/h.

Proskiw [59] a évalué une maison dotée d'une installation d'extraction centrale à deux points d'évacuation fonctionnant avec et sans remise en circulation.

Les deux installations respectaient la norme CSA F326 quant aux exigences de débit continu propres à une habitation, mais il fallait recourir à la remise en circulation pour répondre aux exigences de débit continu dans chaque pièce. La cuisine ne répondait pas aux exigences de débit continu d'évacuation de 30 L/s, à cause d'un déséquilibre des débits favorisant la salle de bains. Les fuites des conduits tendaient à réduire les taux de ventilation dans les pièces au-dessus du sol et à surventiler le sous-sol.

La position des portes intérieures ne semblait avoir aucun effet significatif sur le rendement de l'installation de ventilation.

On retrouve les points multiples d'évacuation reliés à un système d'extraction centrale dans une vaste gamme d'installations, dont :

- les ventilateurs-récupérateurs de chaleur
- les installations d'extraction à thermopompe pour la récupération de la chaleur

- les installations à prises distribuées
- les installations d'extraction commandées par l'humidité

Les VRC font l'objet de la section suivante, intitulée « Ventilation équilibrée ». On résume ici les expériences menées avec les trois dernières installations mentionnées ci-dessus.

THERMOPOMPE À AIR D'ÉVACUATION

Proskiw et al. [58] ont installé et mis en service des modèles de présérie de systèmes de récupération de la chaleur par thermopompe à extraction seulement, dans deux maisons de Winnipeg, dans le cadre d'un projet mené à l'ensemble résidentiel Flair Homes. Dans chaque installation, un ventilateur d'extraction à quatre vitesses fournissait une capacité variable de ventilation. On s'est servi de la perte de pression dans la maison et des fuites subséquentes de l'enveloppe pour faire entrer de l'air frais, et on l'a bien distribué. En mode hivernal, la chaleur était extraite de la veine d'air d'évacuation pour servir au chauffage des locaux et de l'eau sanitaire; en mode estival, le système fournissait un supplément de climatisation.

On a fait fonctionner une des installations à la vitesse la plus forte, et l'autre à la plus faible. Même l'installation à la vitesse la plus forte était incapable d'atteindre le taux de ventilation total de calcul. Ce défaut était probablement attribuable à des fuites importantes dans le boîtier et à des fuites de croisement internes. On n'a pas atteint non plus le taux de ventilation de calcul par zone; le taux par zone et le taux d'ensemble étaient affectés par la position des portes intérieures. Le fabricant a remplacé les modèles de présérie par des

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

modèles améliorés une fois les essais conclus.

INSTALLATIONS À PRISES DISTRIBUÉES

La ventilation d'extraction centrale, utilisée de concert avec des prises distribuées, peut offrir un moyen efficace d'élimination des polluants et fournir de l'air frais là où l'on en a besoin. Une installation de ce type, la superfenêtre à flux laminaire avec prises d'air commandées par l'humidité et chauffage par radiateurs électriques (SFFL/PACH/CRE) a fait l'objet d'une démonstration et été soumise à des tests par G.K. Yuill & Associates Ltd. [34], [93].

Le concept de cette installation est semblable à celui du mur dynamique, mais elle permet un certain contrôle de l'alimentation en air frais et de sa distribution, et se sert des fenêtres plutôt que de la partie opaque du mur pour faire entrer et réchauffer l'air de ventilation. Le ventilateur d'extraction fait baisser la pression de la maison pour permettre aux prises d'air commandées par l'humidité d'aiguiller l'air frais vers les espaces occupés.

En pratique, l'humidité relative ne s'est pas révélée un bon indicateur d'occupation et on a constaté que les PACH n'avaient pas un effet suffisant sur les débits d'air frais. On a attribué à la contre-pression (4 Pa toutes PACH ouvertes et 9 Pa lorsque fermées et rubanées) la quantité de radon du sous-sol, qui dépassait le taux de 4 pCi à partir duquel l'Environmental Protection Agency des É.-U. recommande de prendre des mesures. Le renouvellement d'air pour l'ensemble de la maison, à 0,4 ra/h, répondait à l'exigence de base de la norme CSA F326, mais certaines pièces ne recevaient pas assez d'air. Le taux

de formaldéhyde, 0,128 p.p.m., dépassait légèrement le taux de 0,1 p.p.m. recommandé par Santé et Bien-être Canada pour l'exposition à long terme. On a conclu que le système de PACH soumis aux tests ne convenait pas au marché visé, mais on s'attend à ce que les problèmes soient réglés grâce à certaines améliorations, entre autres le remplacement des PACH par des prises d'air à commandes manuelles. Ce genre d'installation à prises d'air commandées exige une enveloppe très étanche si l'on veut réaliser la distribution d'air prévue.

Un autre système, fabriqué par Aereco, se sert de l'humidité pour commander les débits d'évacuation plutôt que les débits d'alimentation. Il s'agit d'un système de ventilation commandé par l'humidité, de 39 L/s de capacité d'extraction. Sheltair Scientific [70] a installé ce système et l'a soumis à des contrôles dans une maison conçue pour conserver l'énergie, construite dans la région de Vancouver. Le ventilateur était muni de conduits le reliant à des appareils extracteurs posés dans trois salles de bains, la cuisine et la buanderie. Chaque appareil extracteur avait une ouverture variable qui s'agrandissait avec l'humidité, ce qui portait le débit d'évacuation local à être à son plus fort dans les endroits les plus humides. L'occupant est en mesure de commander le système par une intervention manuelle prioritaire agrandissant temporairement l'ouverture de l'extracteur local.

Les extracteurs n'ont pas réagi aux petites variations d'humidité qui se sont produites et bien que les occupants ne se soient pas plaints d'une mauvaise qualité d'air, le taux de CO₂ dépassait régulièrement la limite de 1 000 p.p.m. recommandée par l'ASHRAE. On ne le mentionne pas dans le rapport, mais l'installation

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

semble être de dimensions beaucoup trop petites (le programme R2000 exige une capacité continue de 94 L/s).

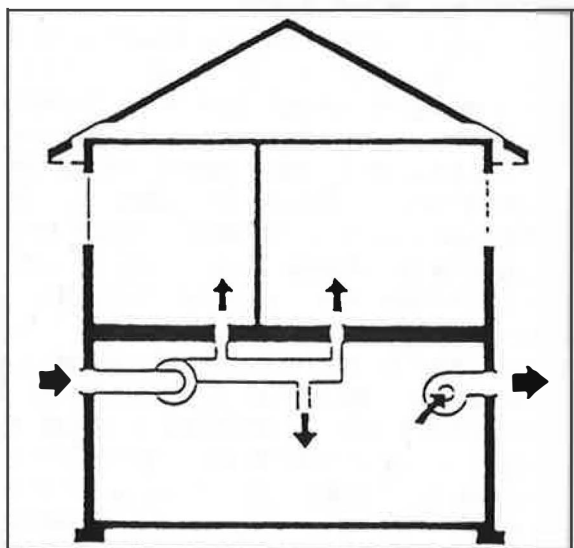
UTILISATION

Proskiw [60] a constaté que trois installations de ventilation à extraction centrale avaient une utilisation moyenne de 0,62 h/j alors que l'utilisation moyenne de 12 VRC conventionnels était de 19,3 h/j.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

VENTILATION ÉQUILBRÉE

Les installations servant à remplir les besoins de ventilation d'une maison peuvent être ou ne pas être conçues pour fournir aux aires habitées la même quantité d'air qu'elles en évacuent. Lorsque l'installation de ventilation permet un débit d'alimentation égal au débit d'extraction, on dit qu'elle est équilibrée. S'il s'agit d'une installation desservant tout un bâtiment, le débit doit être équilibré puisque les fuites compensent toujours tout écart entre l'alimentation et l'extraction intentionnelles. L'installation de ventilation équilibrée donne délibérément une quantité égale d'alimentation en air frais et d'extraction d'air vicié, de sorte qu'elle n'affecte pas la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur; par contre, l'installation non équilibrée crée une différence de pression sur l'enveloppe du bâtiment, produisant ainsi les fuites et infiltrations servant à égaliser les débits.



Installation de ventilation équilibrée [57]

Les installations de ventilation équilibrée permettent d'éviter de nombreux problèmes reliés au déséquilibre des débits. Les installations qui favorisent l'alimentation (par ex. les installations d'alimentation seulement) pressurisent le bâtiment jusqu'à ce que les fuites d'air dans les ouvertures de l'enveloppe arrivent à égaler le débit d'air admis. La condensation produite par le passage de l'air intérieur humide à travers l'enveloppe peut entraîner de graves problèmes d'humidité [85] et avoir des effets ennuyeux comme la buée entre les vitres non scellées des fenêtres, ou encore des serrures gelées. Les installations favorisant l'air d'évacuation (par ex. systèmes d'extraction seulement) créent une perte de pression dans le bâtiment, causant ainsi des infiltrations d'air par les ouvertures de l'enveloppe. La pression intérieure faible peut causer le contre-tirage et le refoulement des gaz des appareils à combustion si l'air de compensation n'entre pas en quantité suffisante. La perte de pression peut aussi augmenter l'entrée de gaz souterrains, comme le radon, par les petites ouvertures de l'enveloppe sous le niveau du sol.

INSTALLATIONS ÉQUILBRÉES

Les installations de ventilation équilibrées peuvent être catégorisées selon qu'elles récupèrent ou non la chaleur contenue dans l'air évacué. Les installations équilibrées sans récupération de chaleur peuvent être centrales ou distribuées, à événements d'alimentation et d'évacuation commandés par ventilateur. Les installations équilibrées à récupération de chaleur portent en général le nom de ventilateur-récupérateur de chaleur. Ces installations, décrites en plus de détails au chapitre intitulé « Matériel et composants d'installations de ventilation » utilisent ordinairement un échangeur de chaleur

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

pour récupérer la chaleur contenue dans l'air évacué et la transmettre à l'air frais admis; dans certains cas, une thermopompe sert à cette fin. Plusieurs fabricants produisent le système à échangeur de chaleur; le système équilibré de ventilateur-récupérateur de chaleur à thermopompe (VRCT) est moins répandu. Proskiw et al. [58] ont constaté que les VRC soumis à des tests dans le projet mené à l'ensemble résidentiel Flair Homes atteignaient le taux de ventilation total prévu dans le concept de départ lorsque le système était conçu, installé et mis en service conformément aux pratiques recommandées; par contre, le prototype de VRCT semblait incapable d'atteindre le taux prévu, probablement à cause de fuites dans le boîtier et de fuites internes.

Selon les recherches de Caneta Research [21], plusieurs installations équilibrées peu coûteuses, avec ventilateur central ou à distribution, arrivaient à atteindre le taux de ventilation prévu; mais un conduit de 3 m de longueur et de 150 mm de diamètre, relié directement au plénum de reprise d'air froid, ne pouvait pas fournir le débit total prévu d'alimentation en air frais et empêchait ainsi l'installation de donner aussi une ventilation équilibrée.

RÉUSSIR ET MAINTENIR UNE VENTILATION ÉQUILIBRÉE

Les installations équilibrées sont conçues pour fournir des débits égaux d'alimentation et d'évacuation; on y arrive en faisant correspondre les caractéristiques du ventilateur et les pertes de pression prévues, et en incluant des registres réglables afin de pouvoir réaliser un équilibre précis une fois l'installation en service. Malheureusement, les maisons contiennent plusieurs appareils autonomes qui font passer l'air de

l'intérieur à l'extérieur, ou vice versa, de façon intermittente, et dérangent ainsi la pression naturelle appliquée à l'enveloppe de la maison, pression qui autrement serait neutre. Les générateurs à combustion, les foyers, les ventilateurs de gril de cuisinière à tirage par en bas, les hottes de cuisinière, les sècheuses et les aspirateurs centraux sont tous des appareils qui évacuent généralement l'air d'une façon indépendante de l'installation de ventilation centrale. Le fonctionnement de l'un ou de plusieurs de ces appareils peut faire baisser la pression dans la maison et peut-être causer ainsi les problèmes connexes décrits plus haut.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a financé la mise au point et les tests, par BLP [13], d'un dispositif qui force l'entrée d'air supplémentaire dans la maison comme condition nécessaire pour empêcher que la perte de pression ne dépasse 5 Pa. Les essais du prototype laissent croire que le dispositif répond à tous les besoins de base. La pression mesurée dans la maison était relativement stable lorsque aucun appareil à extraction ne fonctionnait, mais il y avait un décalage d'une à deux minutes avant que le matériel à air de compensation puisse augmenter la pression et la ramener à un niveau permanent. Dans la plupart des conditions de test (allant jusqu'à trois appareils fonctionnant simultanément), l'installation était capable de limiter la perte de pression à moins de 5 Pa; cette limite pouvait être dépassée, cependant, lorsque le foyer et le ventilateur de la cuisine étaient en marche. Il devrait être possible de vendre et d'installer un dispositif de contrôle de ce type, en grandes quantités, pour 650 \$. Le chapitre intitulé Matériel et composantes d'installations de ventilation donne la description de ce dispositif et d'autres appareils conçus pour le maintien actif

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

d'une ventilation équilibrée. Bien que cette étude ne parle pas de l'intégration d'un tel dispositif aux commandes d'un VRC comme moyen de minimiser les coûts des composantes et de l'installation, Venmar [9] a étudié une autre approche.

Une évaluation sur place de ventilateurs-récupérateurs de chaleur installés en Alberta [39] a permis de constater que l'équilibre des installations de ventilation pouvait être gravement touché par l'obstruction des grilles et des filtres du système, le givrage des ailettes et du registre de l'échangeur de chaleur, ou d'autres défauts mécaniques. On recommandait des méthodes d'entretien allant jusqu'à l'inspection et au nettoyage des grilles extérieures, et aussi l'utilisation de grille pivotantes aux orifices d'entrée. On soulignait aussi le besoin d'améliorer l'étiquetage et la documentation à l'intention du propriétaire, surtout en ce qui a trait aux soins et à l'entretien du matériel. Il faudrait voir, en usine, à changer le réglage de dégel pour les appareils destinés aux climats froids.

QUALITÉ DE L'AIR

Dans une recherche portant sur l'effet des installations de ventilation mécanique sur la qualité de l'air dans les maisons relativement étanches, Dumont [23] a découvert que dans 10 maisons où l'on avait constaté un taux de radon élevé (>4 pCi/L), on pouvait réduire les concentrations de radon de 46 % en moyenne simplement en obstruant les avaloirs de sous-sol. Voilà qui laisse croire que le radon était aspiré à la surface par l'avaloir à cause d'une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur, et démontre par le fait même l'importance d'une ventilation équilibrée.

COÛTS

Hawken [36] a comparé le coût d'achat et de fonctionnement de deux installations non équilibrées, un ventilateur d'extraction et une thermopompe à récupération de chaleur dans l'air évacué (TRCAE), et d'une installation équilibrée, un ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC). Il a conclu que la TRCAE était de meilleur rapport économique que le VRC, sauf dans les endroits où le coût peu élevé du gaz naturel donnait au ventilateur d'extraction un avantage incontournable sur les deux autres installations.

Par la suite, Linton [45] a comparé trois installations équilibrées : des ventilateurs d'alimentation et d'extraction, un VRC conventionnel et un VRCT. Dans cette comparaison, le VRC a donné la meilleure période de récupération (entre 1,5 et 5 ans) à chaque endroit où les simulations ont eu lieu. Le VRCT venait en deuxième au plan de l'attrait financier partout où l'on utilisait la chaleur électrique ou lorsque le gaz était relativement bon marché (à Montréal).

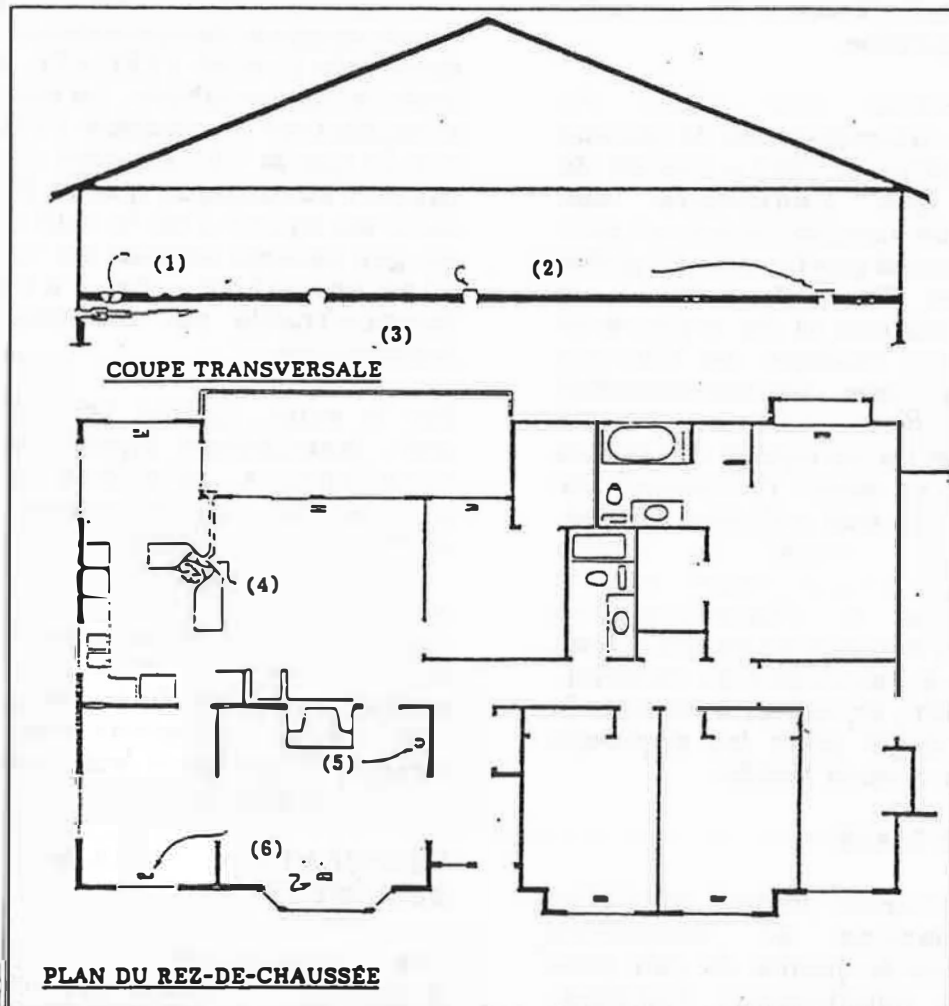
VENTILATION D'ALIMENTATION SEULEMENT

Les installations de ventilation d'alimentation seulement sont celles qui apportent de l'air frais dans les espaces habités mais ne sont pas prévues pour en extraire l'air vicié. On retrouve parmi ce type d'installations : alimentation passive et active en air frais, reliée au plénum de reprise d'air; divers systèmes à événements d'aération actifs, soit centraux soit distribués; et des événements passifs installés sous le niveau de pression neutre. Dans tous les cas, pour être classée parmi les systèmes

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

d'alimentation seulement, l'installation d'alimentation doit fonctionner sans

bouches ni ventilateurs d'évacuation.



- (1) VENTILATEUR FOURNISSANT UNE PRESSION POSITIVE DANS LE VIDE SANITAIRE
- (2) AIR FRAIS DE COMPENSATION
- (3) VIDE SANITAIRE
- (4) CUISINIÈRE À SYSTÈME D'EXTRACTION, OU HOTTE DE CUISINIÈRE
- (5) HYGROSTAT
- (6) PRISES D'AIR FRAIS (FOURNI SOUS LA PRESSION POSITIVE PROVENANT DU VIDE SANITAIRE)

Installation d'alimentation seulement
récemment posée et soumise à des essais sur le côté Ouest [5]

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

Les installations de ce type peuvent être très simples et relativement bon marché, et ne créent pas de problèmes de sécurité reliés à la ventilation des appareils à combustion et à tirage naturel, pas plus qu'elles n'augmentent les courants d'air provenant des fuites dans l'enveloppe du bâtiment. Les installations d'alimentation seulement n'entraînent pas l'infiltration, dans les espaces habités, de polluants comme le radon et les autres gaz souterrains, ou d'émanations de l'enveloppe, comme le formaldéhyde.

Par contre, les installations d'alimentation seulement ont tendance à pressuriser la maison. Elles augmentent ainsi la quantité d'air intérieur humide fuyant à travers l'enveloppe, et donc les dégâts possibles de condensation et d'humidité dans l'enveloppe. On pourra aussi avoir de la buée entre les vitres des fenêtres non scellées, et il arrive que les fenêtres ouvrables et les serrures des portes gèlent. Comme c'est le cas pour tous les systèmes destinés à fournir de l'air frais, les installations d'alimentation seulement doivent contenir un dispositif permettant de réchauffer ou de tempérer l'air du dehors avant de l'introduire dans la maison, afin de ne pas nuire au confort des occupants.

On a récemment posé une installation d'alimentation seulement dans une maison de l'île de Vancouver [5], et on l'a soumise à des essais (voir l'illustration à la page précédente). Dans cette installation, on s'est servi d'un ventilateur à deux vitesses pour pressuriser un vide sanitaire sous l'espace d'habitation, et des prises d'air ménagées dans le plancher

laissaient s'élever dans la maison l'air réchauffé dans le vide sanitaire. Cette installation, conçue afin de fournir 0,15 ra/h de façon continue et 0,3 ra/h lorsque l'hygrostat détecte une HR de plus de 50 %, a coûté 450 \$ à mettre en place. Dans la maison de plain pied relativement non étanche où on a posé cette installation, on trouve la qualité de l'air raisonnablement bonne. Le vide sanitaire, qui réchauffe quelque peu l'air admis, doit être sec afin de servir de plénum dans une installation d'alimentation seulement.

Une installation d'alimentation seulement sans remise en circulation, soumise à des essais par Proskiw [59], respectait la norme CSA F326 quant à la circulation permanente de l'air dans une habitation mais n'y arrivait pas pièce par pièce.

Les installations d'alimentation seulement sont parmi les plus communes de nos jours, surtout grâce à l'utilisation répandue de l'alimentation en air frais vers la reprise d'air (qui fait l'objet de sa propre section). Pourtant, ces installations perdent de leur attrait lorsqu'on les compare aux systèmes à pression équilibrée ou à contre-pression. On pourra trouver des exceptions à la règle dans des situations spéciales, par exemple le besoin d'empêcher l'entrée de polluants souterrains dans l'enveloppe. Les besoins spéciaux ne semblent pas cependant stimuler la recherche dans ce domaine. Ces installations étant relativement simples et peu coûteuses, il serait utile de déterminer exactement dans quelles conditions le système d'alimentation seulement peut servir sans causer d'avaries à l'enveloppe.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

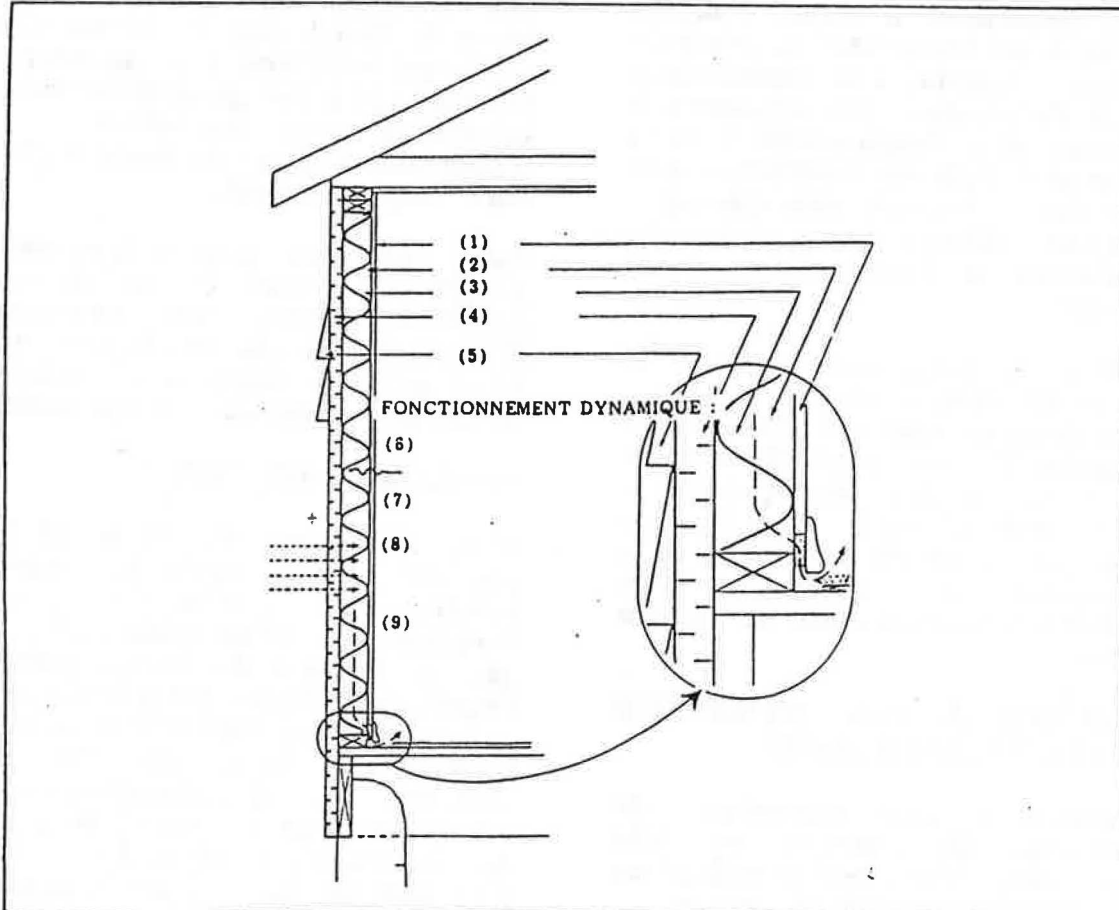
MUR DYNAMIQUE

Le mur dynamique est un concept expérimental selon lequel la construction du mur sert de moyen d'alimentation en air de ventilation et de réchauffement préalable de l'air, tout en remplissant les fonctions d'un mur ordinaire. Il s'agit d'un sous-ensemble de la méthode faisant appel à la contre-pression pour la ventilation; selon cette nouvelle approche, l'air évacué par un ou plusieurs ventilateurs crée une différence de pression sur l'enveloppe, faisant ainsi entrer l'air du dehors dans la maison en un flot uniforme passant à travers le mur dynamique.

Le mur dynamique offre certains des mêmes avantages que les autres méthodes à contre-pression : on évite les dégâts que peut causer à l'enveloppe l'humidité qui s'y infiltre depuis l'intérieur; il est possible de récupérer la chaleur contenue dans l'air évacué; et les coûts de construction sont moindres parce qu'on

n'a pas besoin d'un pare-air parfaitement hermétique pour empêcher les fuites. Le mur dynamique offre aussi d'autres avantages : on peut utiliser des systèmes plus simples de distribution de l'air, puisque l'air frais est déjà distribué; l'air d'alimentation est automatiquement réchauffé dans le processus d'infiltration qui le distribue de façon uniforme (évitant ainsi les courants d'air froid et le besoin de réchauffeurs spéciaux pour l'air d'alimentation); et on saisit une plus grande quantité de chaleur solaire. Si l'on se sert d'une thermopompe pour récupérer la chaleur d'une veine centrale d'air d'extraction et l'utiliser pour le chauffe-eau domestique, on pourra renverser la veine d'air en été et se donner ainsi une climatisation « gratuite ». Si l'approvisionnement en eau chaude dépend de la bonne utilisation du système de ventilation, il est fort probable que l'installation de ventilation recevra un meilleur entretien.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION



- (1) CLOISON SÈCHE (12,5)
- (2) POTEAU MURAL (38-89)
- (3) ISOLANT DE FIBRE DE VERRE (RSI 20)
- (4) COFFRAGE EN FIBRE DE VERRE RIGIDE SUR SUPPORT DE POLYOLÉFINE NON TISSÉE (38)
- (5) PAREMENT DE VINYLE
- (6) FONCTIONNEMENT DYNAMIQUE :
- (7) PERTE DE CHALEUR DEPUIS L'INTÉRIEUR DE L'ENVELOPPE PAR CONDUCTION.
- (8) CONTRE-PRESSION À L'INTÉRIEUR.
- (9) L'AIR EXTÉRIEUR PÉNÈTRE DANS L'ENVELOPPE EN TRAVERSANT LE COFFRAGE PERMÉABLE À L'AIR, ET EST RÉCHAUFFÉ PAR 6.
- (10) L'AIR RÉCHAUFFÉ ENTRE DANS LA PIÈCE EN PASSANT PAR DES FENTES PRATIQUÉES DANS LA CLOISON SÈCHE À CHAQUE CAVITÉ ENTRE LES POTEAUX, AU NIVEAU DES PLINTHES.

Fonctionnement du mur dynamique [51]

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

La méthode du mur dynamique a ses limites, semblables à celles d'autres systèmes à contre-pression, c'est-à-dire, par exemple, des restrictions quant à l'utilisation des appareils à combustion et à tirage naturel, et le fait que tout l'air de ventilation doit être amené à travers des passages pratiqués dans les murs et inaccessibles à l'inspection et au nettoyage.

Timusk *et al.* [78], avec l'aide de la SCHL et de l'Université de Toronto, ont construit un mur dynamique dans une maison du centre de l'Ontario et l'ont soumis à des essais pendant quelques mois d'hiver. Il s'agissait d'un projet entrepris afin de faire la démonstration du concept et d'en contrôler le rendement dans une maison en hiver.

LA MAISON À MUR DYNAMIQUE CONSTRUITE EN ONTARIO

La maison à mur dynamique de l'Université de Toronto est une construction à rez-de-chaussée et un étage (61 m² selon le plan), ayant 138 m² de surface de mur découvert. L'espace habitable a 316,4 m³ de volume et est complètement isolé du vide sanitaire qui se trouve en dessous. La coupe transversale de l'enveloppe, illustrée ci-dessous, repose sur un plancher et un plafond étanches à l'air et des murs complètement enrobés de polyoléfine non tissée (PONT).

On a rubané les joints du support de PONT sur le coffrage d'isolant en fibre de verre afin d'obtenir une enveloppe relativement exempte de sources importantes de fuite d'air, et qu'ainsi l'air s'infiltré de façon uniforme sur toute la surface des murs. Des tests menés à toutes les étapes de la construction ont permis de constater que l'étanchéité à l'air du bâtiment venait presque totalement du PONT et

non pas de la cloison sèche ou du polyéthylène. On a percé au total 79 trous de 25 mm dans la couche cloison sèche-polyéthylène à la hauteur des plinthes (54 à l'étage et 25 au rez-de-chaussée) pour permettre à l'air dynamique d'entrer de façon uniforme dans l'espace habité.

Pour répondre aux exigences du programme R2000 et de la norme ASHRAE 62-81, un ventilateur d'extraction fournissait 40 L/s (0,46 ra/h) de ventilation continue et 65 L/s de ventilation à la demande.

RÉSULTATS DES TESTS

Avec des vents de 10 à 30 km/h pendant presque toute la durée des essais, on a pu déterminer que les températures de l'air admis étaient plus basses du côté du vent, mais que l'écart était mince. On a constaté que la surface entière du PONT se laissait infiltrer de façon plus ou moins uniforme. La maison fonctionnait avec une perte de pression de 9 Pa à 40 L/s de ventilation, et de 13 Pa à 63 L/s. L'air passant dans les trous pratiqués dans la cloison sèche et le polyéthylène fournissait au moins 50 % de l'air de ventilation, à 40 L/s, et 40 % à 63 L/s. Le débit d'air total de l'étage était plus considérable que celui qui entraît au rez-de-chaussée, ce qui permet de croire que la proportion de un à deux des ouvertures intentionnelles dans la cloison sèche et le polyéthylène faisait plus que compenser la différence réduite (de 2 à 2,5 Pa de moins) de pression à cet endroit.

Avec une température extérieure moyenne d'environ 0 °C et une température intérieure de 20 °C, la température moyenne de l'air de ventilation admis était d'environ 17 °C à 40 L/s de ventilation et de 14 °C à 63 L/s.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

Le rayonnement solaire avait un effet significatif sur la température de l'air admis. L'analyse thermique n'a révélé aucun point froid anormal sur les murs même lorsque la température extérieure était de -20°C et la ventilation à son taux le plus élevé.

Les taux d'humidité du bois ont permis d'estimer que les éléments de l'ossature séchaient durant le fonctionnement du mur dynamique, mais on ne sait pas vraiment si le mur dynamique favorise le séchage plus que les murs conventionnels.

On s'est servi du programme-machine Hotcan pour mesurer les économies d'énergie annuelles nettes permises par l'installation. Bien que l'efficacité réduite de l'isolation tende à augmenter les besoins de chauffage des locaux d'environ 6 % par rapport aux installations conventionnelles, on prévoit que le réchauffement préalable de l'air de ventilation permettra de réduire la charge de 18 %, ce qui donnerait une économie nette d'environ 14 %, ou 1 311 kWh, et une charge totale de 8 265 kWh.

LA MAISON À MUR DYNAMIQUE CONSTRUITE EN ALBERTA

Le ministère des Affaires municipales de l'Alberta a financé un projet réalisé par Nakatsui et al., qui ont construit une maison à mur dynamique dans un lotissement situé près d'Edmonton et en ont surveillé le fonctionnement pendant la saison de chauffage 1989-1990. Cette étude a fourni une évaluation indépendante des coûts, de la construction, du fonctionnement et du rendement d'une maison à mur dynamique dans un climat froid.

Il s'agit d'une construction à rez-de-chaussée et un étage (110 m^2 selon le plan), à 426 m^2 de surface d'enveloppe au-dessus du sol et un volume de

815 m^3 . On estime que la construction de l'enveloppe du mur dynamique et des systèmes connexes a augmenté les coûts d'environ 4 200 \$ en comparaison avec les pratiques normales de construction dans la région, ou de 900 \$ en comparaison avec une maison construite selon les normes R2000 en recourant aux méthodes qui conviennent.

La maison à mur dynamique s'est révélée praticable dans l'environnement de l'Alberta. L'installation est arrivée à fournir une ventilation totale de 72 L/s, ou 0,33 ra/h (96 % de l'exigence de la norme CSA F326 pour la maison en question) avec des différences moyennes de pression de 4, 6 et 10 Pa respectivement mesurées sur les murs de l'étage, du rez-de-chaussée et du sous-sol. On a estimé le débit d'air dynamique à environ 23 L/s dans ces conditions. Les changements de vitesse et de direction du vent ont causé des fluctuations importantes dans la pression mesurée en travers de l'enveloppe, ce qui a entraîné des changements correspondants dans la distribution de l'air de ventilation mais n'a eu que peu d'effet sur le degré moyen de réchauffement de l'air qui s'en est suivi. On a constaté que le rayonnement solaire augmentait considérablement la température de l'air dynamique. Le fonctionnement du mur dynamique abaissait la température à la surface des murs intérieurs, mais sans nuire au confort des occupants. Après avoir mesuré les taux réels de renouvellement d'air et les concentrations de radon, de formaldéhyde et de fibre de verre, on en a conclu que l'installation ne compromettait pas la qualité de l'air intérieur.

On a estimé que la récupération de la chaleur de l'air de ventilation (efficacité de 50 %) permettait des

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

économies d'énergie annuelles de 250 \$, et qu'on économisait 120 \$ de plus sur l'utilisation du générateur de chaleur et des ventilateurs d'air d'alimentation.

AUTRES TRAVAUX

Même si la preuve est faite que le système fonctionne, en ce sens qu'il fournit une source continue d'air réchauffé à toutes les pièces sans créer de courants d'air ou refroidir indûment la surface des murs, il reste un bon nombre de questions sans réponse relativement au mur dynamique.

Quelle est l'augmentation réelle de la conductivité des murs? Quel effet l'isolation dynamique a-t-elle sur la qualité de l'air intérieur? (les émanations des matériaux présents dans la cavité murale sont-elles importantes? Les économies d'énergie prévues se réalisent-elles en fonctionnement normal?) Les économies de matériel de réchauffement et de distribution compensent-elles les dépenses reliées à une isolation moins efficace? Quelles améliorations conceptuelles pourrait-on apporter au mur dynamique?

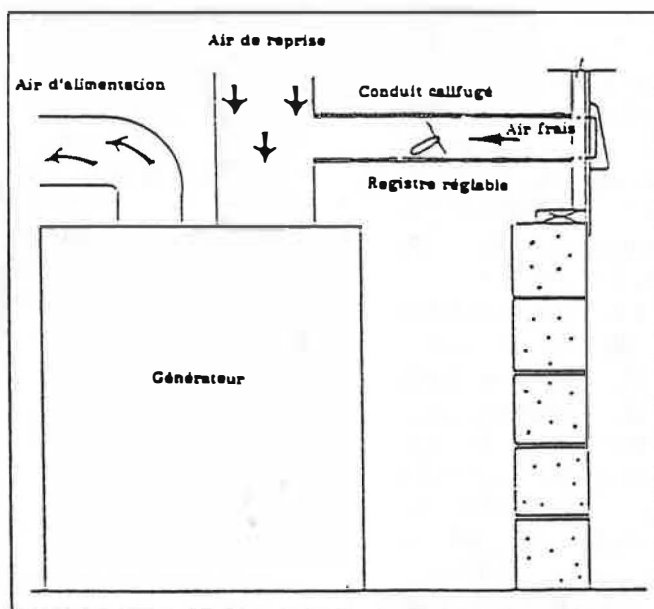
4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

ALIMENTATION EN AIR FRAIS VERS LA REPRISE D'AIR

Une prise d'air dans le mur du sous-sol, reliée par un conduit au plénum de reprise d'air d'une installation de chauffage à air pulsé : voilà une des techniques les plus simples et les plus répandues d'amener de l'air frais dans les espaces d'habitation. Il s'agit parfois de la seule installation de ventilation intentionnelle dans une maison, mais on l'utilise souvent de pair avec des ventilateurs extracteurs à fonctionnement intermittent ou continu. On peut augmenter la capacité de cette installation en lui ajoutant un ventilateur d'alimentation, et lorsque l'on s'en sert de concert avec une installation d'extraction centrale, il est possible aussi d'installer un ventilateur-récupérateur de chaleur (quoique dans ce cas l'on ne recommande pas un raccord direct avec le plénum de retour d'air, parce que l'équilibre de la ventilation se trouverait probablement brisé par le

fonctionnement du ventilateur du générateur).

Dans chacune des applications mentionnées ci-dessus, le système de diffusion de l'air pulsé est vu comme un moyen efficace pour distribuer l'air frais et éviter de créer de fortes concentrations locales de polluants en le mélangeant à l'air intérieur. Cette efficacité, ainsi que la simplicité et le coût peu élevé de l'installation en sont les principaux avantages. Ses défauts les plus importants sont les suivants : une tendance à pressuriser la maison ; la dépendance à l'égard du fonctionnement (intermittent et saisonnier, ou continu et coûteux) du ventilateur du générateur de chaleur ; un débit limité ; un rendement qui dépend des détails de la mise en place ; et des problèmes potentiels de condensation susceptibles d'entraîner la détérioration prématurée de l'échangeur de chaleur du générateur (à la suite de son exposition à l'air froid du dehors, surtout pendant le cycle d'arrêt).



**Exemple d'une installation
d'alimentation en air frais
vers le plénum de reprise d'air [57]**

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

TAUX DE VENTILATION ET PRESSIONS DE LA MAISON

Shaw [69] a découvert que dans une maison étanche, une bouche d'air de 100 mm reliée à la reprise d'air froid du générateur pouvait fournir 18 L/s lorsque le ventilateur du générateur était en marche. On peut toujours compter sur ce débit lorsque le ventilateur du générateur fonctionne, mais il ne suffit pas à répondre aux besoins continus d'air frais de la plupart des maisons. Shaw a aussi constaté que dans la maison soumise aux tests, le niveau de pression neutre baissait d'environ 1,1 m (en comparaison avec la situation où il n'y avait pas de bouche d'alimentation), prouvant ainsi la tendance de cette installation à accroître la pression de la maison et à augmenter la probabilité de problèmes d'humidité dans l'enveloppe.

Caneta Research [21] a mesuré des débits de 40 à 50 L/s dans un conduit d'air frais du même type, dans une maison beaucoup moins étanche, qui utilisait une installation de ventilation d'extraction continue de 76 L/s. Dans cette maison, un ventilateur ajouté au conduit d'air frais permettait d'obtenir sans peine une ventilation à débit équilibré, mais on prévoyait que l'air de reprise pourrait voir sa température baisser jusqu'à 7 °C à l'échangeur de chaleur du générateur si la température extérieure baissait à -25 °C. La norme CSA F326 permet une température minimum de 12 °C pour l'air (mélange d'air et d'air de reprise) entrant dans l'appareil de réchauffage. Il faudrait avoir recours à un réchauffement préalable quelconque de l'air de ventilation pour respecter la norme. La même étude a permis d'établir que le ventilateur d'alimentation n'avait pas besoin que fonctionne le ventilateur du générateur pour offrir une distribution efficace de l'air frais. Lors d'essais portant sur

une installation de ventilation à extraction seulement dans une autre maison, Proskiw [59] a constaté qu'en reliant la prise d'air frais à l'extrémité à charge statique faible du plénum de reprise d'air, 71 % de l'air de ventilation entrant dans la maison par les fuites de l'enveloppe et le reste par la prise d'air.

QUALITÉ DE L'AIR

Dans un groupe de 46 maisons, Dumont [23] a mesuré des degrés élevés de formaldéhyde (>0,1 p.p.m.) dans 50 % de celles qui n'avaient pas de ventilation mécanique et dans 27 % de celles qui en avaient. Étant donné qu'il considérait comme une installation de ventilation non mécanique le simple conduit d'air frais relié au plénum de reprise d'air, ces résultats laissent croire que le système à l'étude est beaucoup moins efficace que les installations de ventilation mécanique continue pour le maintien d'une bonne qualité d'air intérieur.

EXIGENCES DES CODES DU BÂTIMENT

L'alimentation en air frais vers la reprise d'air apparaît dans deux ou trois exemples d'installations de ventilation décrits à l'annexe A des premières révisions du Code du bâtiment de la Colombie-Britannique de 1985. Dans un de ces exemples, le conduit d'air frais et un ventilateur de générateur à deux vitesses fournissent l'air nécessaire à la ventilation continue (0,15 ra/h) et à commande automatique (0,3 ra/h), alors que l'extraction se fait par le tirage naturel du tuyau d'évacuation du générateur. Dans l'autre exemple, on se sert d'un ventilateur de générateur à une seule vitesse auquel s'ajoute un ventilateur extracteur de salle de bains. La capacité plus forte d'évacuation demande une augmentation

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

correspondante de la capacité du conduit d'air frais.

AUTRES TRAVAUX

Bien que l'on donne 12 °C comme limite inférieure sécuritaire de la température de l'air passant par l'échangeur de chaleur d'un générateur, on ne sait pas très bien quels problèmes pourraient surgir à des températures encore plus basses, en particulier lorsque la température de l'air extérieur est faible et que les cycles d'arrêt sont plutôt courts. S'il

se produisait réellement des problèmes de corrosion dans ces installations, il suffirait de mettre au point des dispositifs de réchauffage simples et n'ayant pas recours à la résistance électrique.

On pourrait améliorer le concept en poussant les recherches afin de définir les exigences minimum de l'installation pour distribuer l'air de façon satisfaisante (efficace et confortable) à l'aide d'un ventilateur à air frais (sans que fonctionne le générateur de chaleur).

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

VENTILATION PASSIVE

Dans la maison canadienne traditionnelle, l'air frais entré de façon non contrôlée par des ouvertures non intentionnelles, poussé principalement par les différences de pression qui sont la conséquence naturelle des différences de vent et de température entre l'espace habité et l'extérieur. Il s'agit là de la forme la plus élémentaire de ventilation passive. Dans le présent document, toutefois, nous ne parlerons que des installations intentionnelles de ventilation passive, qui se servent d'ouvertures pratiquées à cette fin (munies ou non de registres de réglage) pour amener l'air frais à évacuer l'air vicié sans avoir recours à la puissance d'un ventilateur.

Certains auteurs considèrent qu'un conduit d'air frais relié au plénum d'une installation de distribution d'air pulsé constitue une installation de ventilation passive puisque l'on n'ajoute que des composantes passives pour réaliser la ventilation. Pour la plupart, cependant, il s'agit d'une installation active puisque l'on se sert de la puissance du ventilateur pour déplacer l'air de ventilation. Nous avons opté pour la deuxième définition tout en incluant à notre propos les installations réunissant des composantes actives et passives. L'alimentation en air frais vers la reprise d'air a fait l'objet d'une section distincte.

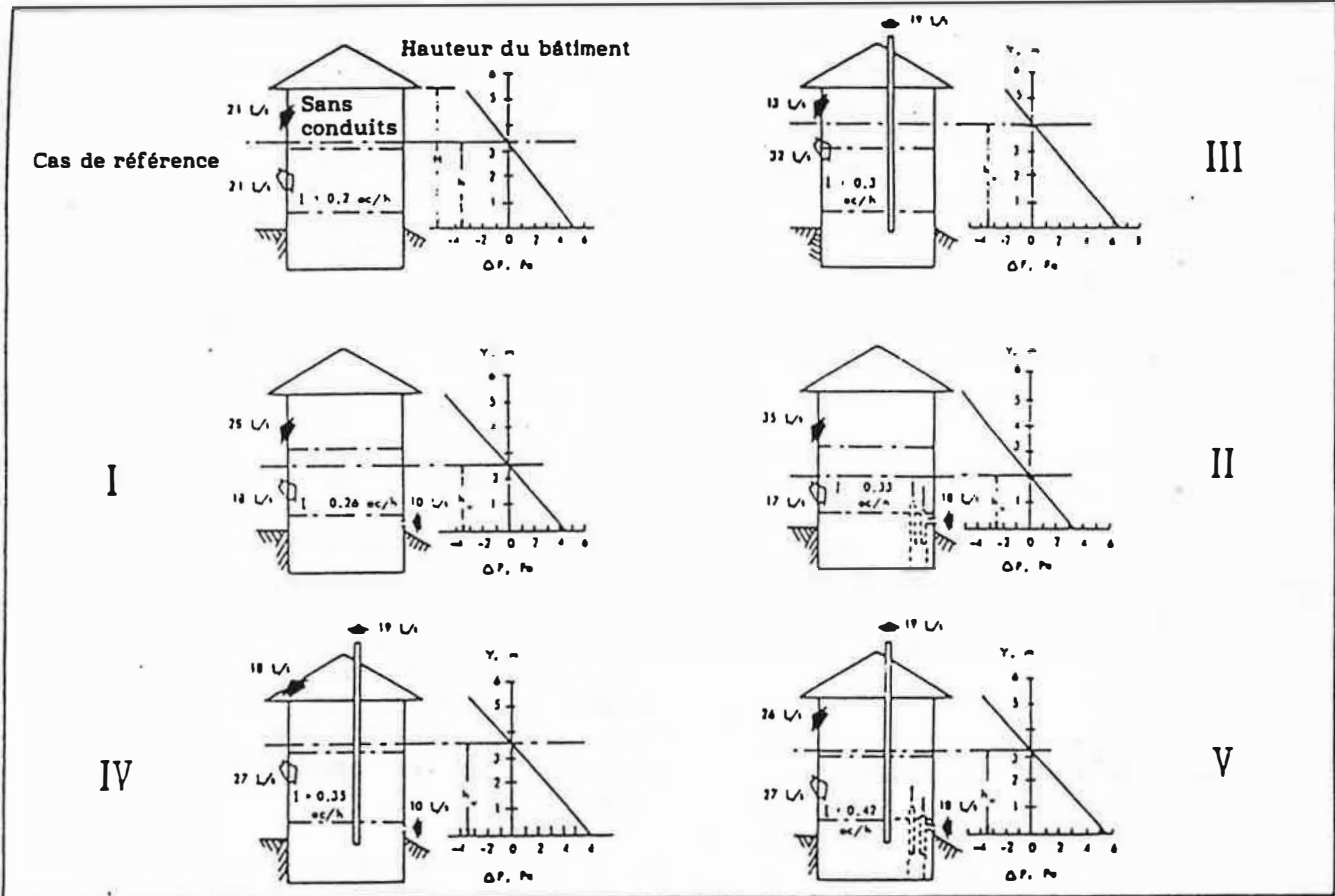
Les installations passives offrent beaucoup d'attraits car elles sont simples, fiables, peu coûteuses à faire fonctionner et parfois bon marché à l'achat et à la mise en place. Leur limite principale est leur incapacité de donner des taux de ventilation

suffisants lorsque la différence de pression est petite entre l'intérieur et l'extérieur et que le vent est faible. Les installations de ventilation passive peuvent cependant fonctionner très bien de concert avec les installations de ventilation active (actionnée par ventilateur) et elles peuvent aussi améliorer la ventilation dans des cas où elles sont utilisées seules.

Shaw [69] a mené des expériences sur un certain nombre d'installations de ventilation passive et de systèmes combinant ventilation active et ventilation passive : (i) prise d'air dans le mur du sous-sol; (ii) conduit d'alimentation en air extérieur relié à l'installation existante de chauffage à air pulsé; (iii) cheminée d'évacuation allant du sous-sol au toit; (iv) une combinaison de (i) et (iii); et (v) une combinaison de (ii) et (iii). On a également soumis à des tests un cas de référence sans ventilation intentionnelle et quelques autres cas représentant des variations mineures des installations décrites ci-dessus. Dans chaque cas, on a mesuré les températures intérieures et extérieures, la vitesse et la direction des vents, le taux de renouvellement d'air de la maison et le débit d'air passant dans les événements.

L'analyse des résultats des tests a permis plusieurs constatations intéressantes. Toutes les installations de ventilation augmentaient le taux de renouvellement d'air des maisons, par rapport avec une maison sans événements. Avec une différence de $\Delta t = 34$ K entre l'intérieur et l'extérieur, les taux mesurés de renouvellement d'air dans les installations (i) à (v) étaient respectivement de 0,26; 0,33; 0,3; 0,35; et 0,42 ra/h, alors qu'il était de 0,2 dans la maison sans événements.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION



Configuration des débits d'air et de la pression dans quelques installations de ventilation passive et d'autres réunissant des composantes actives et passives de ventilation [69]

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

Dans l'installation (i), une prise d'air dans le mur du sous-sol faisait baisser le niveau de pression neutre de 3,2 à 2,6 m au-dessus du sol, et à $W_t = 34$ K, augmentait le taux de renouvellement d'air à environ 30 % de plus que dans la maison sans événements.

Dans l'installation (ii), le raccord entre la prise d'air et le conduit de reprise du générateur de chaleur abaissait le niveau de pression neutre d'un autre 0,5 m, et augmentait le taux de renouvellement d'air à environ 67 % de plus que dans la maison sans événements. Le taux de renouvellement d'air minimum (sans tenir compte de ∇ et du vent) était de 18 L/s, ou 0,17 ra/h pour cette configuration active-passive combinée.

Dans l'installation (iii), la cheminée d'évacuation au sous-sol faisait monter le niveau de pression neutre à 4,2 m au-dessus du sol, et à $\nabla = 34$ K, augmentait le taux de renouvellement d'air à 32 L/s ou 0,3 ra/h, c'est-à-dire environ 50 % de plus que dans la maison sans événements.

En combinant la prise d'air du sous-sol et la cheminée (iv), on obtient un niveau de pression neutre de 0,3 m plus élevé que dans la maison sans événements, et à $\nabla = 34$ K, le taux de renouvellement d'air est de à 37 L/s ou 0,35 ra/h.

La combinaison active-passive de la cheminée et de la prise d'air à la reprise d'air froid a donné un niveau de pression neutre de 3,2 m au-dessus du sol, comme dans la maison sans événements, mais un taux de renouvellement d'air de 45 L/s ou 0,42 ra/h à $\nabla = 34$ K.

Les auteurs ont pu vérifier que l'orientation et la hauteur des événements affectaient peu le renouvellement d'air de la maison avec des vents d'une vitesse inférieure à 27 km/h. Ils ont

aussi constaté que l'emplacement de l'entrée de la cheminée avait peu d'effet sur le taux de renouvellement d'air mais qu'il pouvait, par contre, modifier de beaucoup l'efficacité de l'élimination des polluants.

ALIMENTATION PASSIVE

Comme on le verra dans la section qui suit, Dumont [25] a étudié une installation de conduits de ventilation passive destinée avant tout aux maisons du nord. Il s'agissait d'un système de conduits verticaux installés entre l'espace d'habitation et le passage couvert sous la maison, et qui fonctionnait comme une installation de ventilateur d'alimentation, contrairement à la cheminée mentionnée plus haut. On a constaté que ce système fournissait plus de renouvellements d'air, mais que l'augmentation dépendait de la température extérieure et de la vitesse du vent, et l'arrivée d'air non tempéré nuisait quelque peu au confort des occupants. On a lancé l'idée qu'il serait possible d'améliorer l'installation passive à conduits en lui ajoutant un ventilateur extracteur à faible puissance et un réchauffeur d'air frais.

On a découvert, lors d'une enquête menée dans des immeubles résidentiels [71] par Sheltair Scientific, qu'il y avait des conduits passifs à air frais dans seulement 5 % environ du parc résidentiel; les conduits actifs (les conduits reliés à la reprise d'air froid du système de distribution) étaient beaucoup plus répandus. À cause du petit échantillon de conduits passifs, on leur a inclus les conduits actifs. Dans l'échantillon combiné, on a trouvé une moyenne de débit de 13,9 L/s à des différences de pression de 10 Pa, ce qui se compare au débit de 18 L/s mesuré par Shaw dans ses essais portant sur une installation de conduits actifs dans une maison. Il est

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

probable que « la couche épaisse de feuilles et de débris sur les grilles des prises des conduits passifs et actifs d'air frais » a contribué à la différence entre les débits mesurés dans les deux études.

Caneta Research [21] a fait l'essai d'une installation à prises passives multiples (une dans chaque pièce de catégorie A [19]), complétée par un système d'extraction actif. Le débit mesuré dans les prises était inférieur d'environ un ordre de grandeur au débit d'extraction, ce qui a donné une différence de pression supérieure à 5 Pa, à 0,5 m au-dessus du sol. Dans les conditions qui ont prévalu durant les tests, les prises de l'étage fournissaient environ l'équivalent d'un tiers de la quantité d'air amenée par les prises du rez-de-chaussée. On a conclu que dans certaines conditions normales de fonctionnement, le niveau de pression neutre pouvait tomber jusqu'au niveau des événements, donnant comme résultat la stagnation des prises de l'étage. Cette installation n'est donc pas une option fiable de ventilation.

ÉVACUATION PASSIVE

Comme on l'a dit plus haut, les cheminées d'évacuation passive font monter le niveau de pression neutre et augmentent le taux d'ensemble de ventilation dans une maison [69]. Van Poorten [85] a étudié l'utilisation d'évents d'extraction passive comme solution possible aux problèmes d'humidité résidentielle à Terre-Neuve.

Il a constaté que le rendement des cheminées pouvait varier de façon considérable avec le vent, et que les capuchons d'évent pouvaient améliorer le tirage et empêcher l'entrée de la pluie. Pour obtenir un meilleur rendement, les cheminées devraient être le plus hautes possible et on recommande aussi d'utiliser un registre automatique afin de limiter les taux de crête du débit d'air. On a conclu que les cheminées passives, bien qu'évacuant l'air et faisant monter le niveau de pression neutre, ne sont qu'une solution partielle à Terre-Neuve à cause des taux élevés de ventilation qui sont nécessaires dans cette région. Selon l'auteur, il se pourrait que les ventilateurs à turbine subissent l'action du gel lorsqu'on les utilise pour évacuer l'air humide des espaces d'habitation.

Venmar [80] a mis au point une série de ventilateurs qui se servent de l'énergie éolienne pour déclencher le flux dans les conduits d'évacuation. Les appareils sont cotés de 50 à 1 040 L/s à des vents de 3 à 5 m/s. La température de fonctionnement va de -40 °C à 120 °C.

LA QUALITÉ DE L'AIR AVEC LA VENTILATION PASSIVE

Les mesures prises par Dumont [23] laissent croire que la ventilation mécanique continue est plus efficace que la ventilation passive lorsqu'il s'agit de réduire les concentrations de polluants dans l'air intérieur.

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

VENTILATION DANS LES HABITATIONS DES RÉGIONS NORDIQUES OU ÉLOIGNÉES

Bien que les principes régissant la ventilation dans les habitations des régions nordiques ou éloignées soient les mêmes que pour les habitations conventionnelles, certains facteurs y rendent plus difficile l'application des techniques de ventilation.

Les températures extérieures de moins -40 à -50 °C donnent une surcharge de travail aux sous-systèmes de dégivrage et de réchauffement. Ces installations fonctionnant ordinairement au diesel, il arrive souvent qu'il ne convienne pas de remplacer par l'électricité (qui coûte jusqu'à 0,85 \$ le kWh) les sources d'énergie meilleur marché dont on se sert pour le chauffage des locaux. Ce n'est pas qu'une question de coût, mais aussi d'utilisation avisée des ressources. Parmi les autres complications auxquelles on fait face, il y a l'absence de sous-sols, les taux élevés de production d'humidité par unité de volume de logement, et la difficulté de trouver les compétences spécialisées nécessaires pour effectuer l'entretien des installations de ventilation à des prix raisonnables.

Devant toutes ces difficultés, on a avancé [25] que pour mettre au point des techniques de ventilation convenant aux logements des régions nordiques ou éloignées, il faudrait peut-être apporter des améliorations aux installations que l'on y utilise déjà de façon presque généralisée : l'installation à conduits passifs et une version adaptée du ventilateur-récupérateur de chaleur. Les VRC ont réduit considérablement la consommation d'énergie électrique et sont pourvus d'une bonne capacité de dégivrage à basse température.

QUALITÉ DE L'AIR

Ferguson [31] a effectué, pour le compte de la SCHL, des contrôles détaillés du gaz carbonique et de l'humidité relative dans un duplex neuf d'Aklavik (T.-N.-O.) entre mars et juin 1989. Ce bâtiment, appartenant à la Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest, avait quatre ventilateurs à conduits passifs ainsi qu'un ventilateur d'extraction commandé par l'humidité dans la cuisine et la salle de bains de chaque logement, pour répondre aux nouvelles pratiques de la Société. On a entrepris les contrôles afin d'évaluer la qualité de l'air en temps réel, telle qu'indiquée par la concentration de CO₂, et de déterminer si l'humidité relative pouvait servir à mesurer la qualité de l'air dans les bâtiments modernes de l'Arctique.

On a constaté qu'à des températures relativement froides (-30 °C), le taux quotidien de CO₂ dépassait l'objectif de 800 p.p.m. pendant environ 12 heures sur 24, alors que la concentration mensuelle moyenne était de 700 p.p.m. Selon l'auteur, il n'y aurait aucun rapport mathématique pratique entre les taux normaux d'humidité relative et la QAI mesurée d'après la concentration de CO₂. On a conclu en outre à l'incapacité de l'étude à prouver si les taux élevés continus d'HR (>30 %) sont, ou non, un indice de problèmes de QAI.

INSTALLATIONS DE VENTILATION PASSIVE

Talalayevsky [76] a proposé une installation de conduits verticaux autonomes allant du passage couvert que l'on trouve sous les maisons nordiques, et montant dans les murs jusqu'à des grilles de distribution d'air situées au plafond de la salle de séjour et de chaque chambre, qui

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

fonctionneraient de concert avec les ventilateurs d'extraction de la cuisine et de la salle de bains. L'analyse présentée expliquait que l'alimentation et l'évacuation se feraient grâce à un courant d'air bi-directif dans les conduits, et prévoyait des taux de ventilation de 1 ra/h environ lorsque le vent était de 25 miles à l'heure aux terminaisons des conduits. Il est également prouvé que si l'on tient compte des coûts d'énergie propres aux T.-N.-O., les frais de fonctionnement d'un VRC de 100 watts sont à peu près le double de ce qu'il en coûte lorsque le chauffage au mazout assume la charge totale de ventilation. Anderson [2] a appris, en discutant avec l'occupant d'un logement de Fort McPherson où une installation de ce type avait été mise en place après coup, qu'il y avait eu par la suite « une diminution réelle des problèmes de condensation ».

Dumont [25] a effectué une analyse et des tests minutieux dans deux logements d'Aklavik (T.-N.-O.) où l'on utilisait une installation de ventilation à conduits passifs mise au point par Talalayevsky. On a posé après coup en 1987, dans ce duplex construit deux ans plus tôt, quatre conduits passifs dans chaque logement. L'addition des événements passifs a donné aux logements environ 16 % de plus de surface de fuite et augmenté les renouvellements d'air du même pourcentage à peu près. Les événements de l'étage fournissaient relativement peu de débit en comparaison avec les événements de même diamètre situés au rez-de-chaussée. Il convient de faire très attention en utilisant un plus grand nombre d'événements ou des conduits de diamètre plus gros dans le but d'augmenter la ventilation, car des événements plus nombreux vont abaisser le niveau de pression neutre et réduire ainsi la quantité de débit de chaque événement.

Les avantages de ce type d'installation sont les suivants : aucun besoin d'électricité; aucun entretien sauf le nettoyage des grilles pour enlever les insectes; il peut y avoir des bouches d'air de ventilation dans chaque pièce; la neige n'entre pas dans la maison par les conduits verticaux; et la surface de fuite plus grande est acquise d'une façon qui n'entraîne pas de dégâts d'humidité. Les événements passifs ont aussi les inconvénients suivants : le taux de ventilation n'est pas constant, mais dépend de la température extérieure et de la vitesse du vent; les événements du rez-de-chaussée fournissent de l'air trop froid pour le confort; et ceux de l'étage donnent très peu d'air frais. On a avancé [25] que ces problèmes pourraient être surmontés grâce au fonctionnement continu d'un ventilateur d'extraction à faible puissance, et en réchauffant au préalable l'air admis au moyen d'un serpentin à ailettes fourni par l'installation de chauffage à eau chaude au glycol.

LES VENTILATEURS - RÉCUPÉRATEURS DE CHALEUR DANS LES RÉGIONS NORDIQUES

FSC [29] ont évalué différents VRC à Iqaluit et Latham Island (Yellowknife) dans les T.-N.-O., pendant la saison de chauffage 1987-1988. Ils ont constaté que l'humidité relative était contrôlée par le système passif fonctionnant à 0,25 ra/h. Le rendement des VRC se dégradait à des températures plus basses que -20 °C ainsi que sous l'effet de la neige accumulée sur les prises d'air, et ils étaient difficiles à installer, à faire fonctionner et à entretenir; malgré tout, ils fonctionnaient de façon plus efficace que les installations passives.

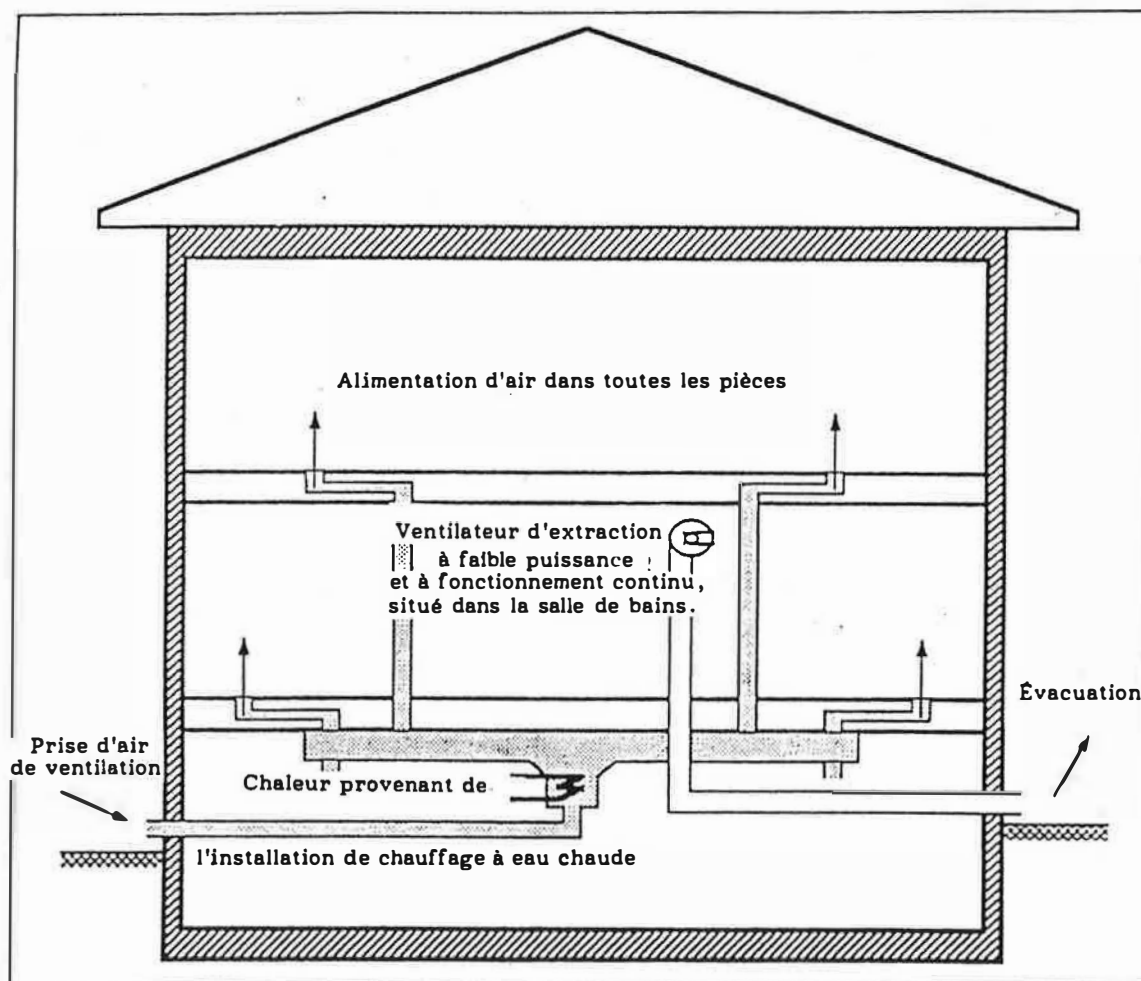
Plus récemment, pendant la saison de chauffage 1988-1989, Ferguson [31] a

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION

évalué le rendement en temps réel d'un VRC de seconde génération pour climat froid installé dans un duplex de Dawson (Yukon). Il en a conclu que ce VRC donnait un bien meilleur rendement que ses prédécesseurs dans l'environnement de l'Arctique. Les ailettes ont gelé à près de -40°C , et ce problème s'est corrigé de lui-même lorsque la température de l'air

ambiant extérieur est remontée aux environs de -30°C . Il semble que l'appareil demande très peu d'entretien de la part de l'occupant et on a constaté, lors d'essais en laboratoire, qu'il consommait entre 114 et 121 watts à -40°C , avec 60 et 54 % de récupération perceptible de chaleur (pour un débit net respectif de 32 et 55 L/s).

4. INSTALLATIONS DE VENTILATION



Une installation de ventilation dans une maison du Nord, avec réchauffement préalable de l'air admis grâce au chauffage à eau chaude

5. RÉFÉRENCES

5. RÉFÉRENCES

- 1 Allen Associates. Août 1988. Residential ventilation industry cost survey. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 2 Anderson, R.; Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest. Décembre 1987. Notes on passive ventilation.
- 3 Appin Associates. Janvier 1989. Non-electric automatic humidity activated flow control damper for passive systems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 4 ASHRAE. 1989. ASHRAE Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- 5 Avalon Mechanical Consultants Ltd. & Victoria Home Builders' Association. Août 1990. West Coast Ventilation Strategies, Phase 5 : Final Report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 6 Balanced Energy Systems Technology, Inc. Septembre 1985. Field Evaluation of Residential Ventilation Systems Guideline : Final Report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 7 Beach, R.K., Conseil national de recherches du Canada. Juin 1979. Relative Tightness of New Housing in the Ottawa Area. Note d'information de recherche sur le bâtiment, n° 149.
- 8 Besant, R., R. Dumont, T. Hamlin et G. Schoenau. SOLPLAN 6 : An Air Exchanger for Energy Efficient Well Sealed Houses. The Drawing Room Graphic Services Ltd.
- 9 Brais, A, Siricon. 1990. Development of an Integrated Heating and Ventilation System. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 10 Buchan, Lawton, Parent Ltd. Février 1986. Evaluation of the Potential for Fuel-Fired Appliance Backdraft in Ten Houses Equipped with Whole-House Exhaust Fans. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 11 Buchan, Lawton, Parent Ltd. Mai 1986. Ventilation Alternatives for Maritime Housing. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 12 Buchan, Lawton, Parent Ltd. Janvier 1989. R-2000 Home Program Design and Installation Guidelines for Ventilation Systems. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 13 Buchan, Lawton, Parent Ltd. Juin 1989. Improved Make-Up Air Supply Techniques. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 14 Société canadienne d'hypothèques et de logement. 1986. Ventilation : Health and Safety issues. Publication LNH n° 5888, dans la série pour les constructeurs.
- 15 Société canadienne d'hypothèques et de logement. Novembre 1987. Bibliographie sur la ventilation.
- 16 Société canadienne d'hypothèques et de logement. 1988. Guide de la ventilation d'extraction pour les habitations. Publication LNH n° 6115, de la série pour les constructeurs.

5. RÉFÉRENCES

- 17 Association canadienne de normalisation. Septembre 1984. Norme CSA C22.2 n° 113-M1984, Ventilateurs.
- 18 Association canadienne de normalisation. Avril 1987. Norme CSA C22.2 n° 155-M1986, Electric Duct Heaters.
- 19 Association canadienne de normalisation. Octobre 1990. Norme CAN/CSA-F326-M91, Ventilation mécanique des habitations.
- 20 Office des normes générales du Canada. 1986. CAN/CGSB-149.10-M86. Determination of the Airtightness of Building Envelopes by the Fan Depressurization Method.
- 21 Caneta Research Inc. Septembre 1990. The Effectiveness of Low-Cost Continuous Ventilation Systems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 22 Dickens, H.B. Décembre 1985. Controlled Ventilation in Housing - A Summary review. Énergie, Mines et Ressources Canada, et l'Association canadienne de normalisation.
- 23 Dumont, R.S.; Conseil national de recherches. Avril 1985. The Effect of Mechanical Ventilation on Rn, NO₂ and CH₂O Concentrations in Low-Leakage Houses and a Simple Remedial Measure for Reducing Rn Concentration. Publication n° 1383 du CNR.
- 24 Dumont, R.S.. Conseil national de recherches. Juin 1988. Low Power Ventilation Systems for Northern and Remote Housing, Appendix 'G' : Energy Efficient, Low Noise Bathroom Exhaust Fans. Énergie, Mines et Ressources et la Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest.
- 25 Dumont, R.S.. Conseil national de recherches du Canada. Janvier 1989. An Innovative Ventilation System for Northern Housing. Énergie, Mines et Ressources et la Société d'habitation des Territoires du Nord-Ouest.
- 26 Energy Conservation Branch. 1986. Ventilating Your Home. Alberta Energy and Natural Resources.
- 27 Énergie, Mines et Ressources Canada. La croissance des moisissures dans les ventilateurs-récupérateurs de chaleur. Tiré de la publication R2000 : « L'air que vous respirez ».
- 28 Comité consultatif fédéral-provincial sur l'environnement et l'hygiène professionnelle. Avril 1987. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social.
- 29 Ferguson, Simek, Clark Engineers and Architects. Novembre 1988. Northern Ventilation Project - Data Collection and Report for Iqaluit, N.W.T. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 30 Ferguson, Simek, Clark Engineers and Architects. Août 1990. An Analysis of the VanEE Arctic Two Heat Recovery Ventilator in an Arctic Installation - Data Collection and Report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.

5. RÉFÉRENCES

31. Ferguson, Simek, Clark Engineers and Architects. Septembre 1990. A Review of Air Quality Data obtained for a High Arctic Duplex - Data Collection and Report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 32 Forest, D., Venmar Ventilation Limited. Octobre 1989. Integrated System Project. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 33 G.K. Yuill and Associates Ltd. Décembre 1987. Investigation of the Indoor Air Quality, Airtightness and Air Infiltration Rates of a Statistically Random Sample of 78 Houses in Winnipeg. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 34 G.K. Yuill and Associates Ltd. Novembre 1989. Project to Continuously Monitor the Performance of the Laminar Air Flow Super Window - Humidity Controlled Air Inlet - Baseboard Heater Ventilation and heating System. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 35 Hamlin, T., J. Forman et M. Lubun. Mai 1990. Ventilation and Airtightness in New Detached Canadian Housing. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 36 Hawken, P.J. Septembre 1984. A Comparison of Ventilation Strategies for tightly Constructed Houses in Cold Climates. Conseil national de recherches.
- 37 Hayson, J.C. et J.T. Reardon, Conseil national de recherches du Canada; Mansour, R., Association canadienne des constructeurs d'habitations. 1990. 1989 Survey of airtightness of new, merchant builder houses. Actes de la conférence sur la Qualité de l'air intérieur : « QAI 1990 », Toronto, p. 263-268.
- 38 Howell-Mayhew Engineering, Inc. & Sunton Engineering Ltd. Décembre 1989. Demonstration, Monitoring and Evaluation of Practical Ventilation Systems for New Alberta Houses. Ministère des Affaires municipales de l'Alberta.
- 39 Howell-Mayhew Engineering, Inc. Juillet 1990. Assessment of heat recovery ventilator operation and performance in Alberta. Ministère des Affaires municipales de l'Alberta.
- 40 HRAI (Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération) Division des services techniques, et Fondation de recherches de l'Ontario (FRO), Energy Systems Centre. Novembre 1987. Residential Exhaust Fans : Literature and Equipment Search. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 41 HRAI, Division des services techniques. Août 1988. Field Study and Field Testing of Residential Kitchen Range Hood and Bathroom Exhaust Systems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 42 HRAI, Division des services techniques, et Fondation de recherches de l'Ontario (FRO), Energy Systems Centre. Septembre 1988. Residential Exhaust Equipment. Société canadienne d'hypothèques et de logement.

5. RÉFÉRENCES

- 43 Jones, W.R., M.T. Wong et J. Jaisareesingh. Division de la recherche de Hydro Ontario. 1990. Residential thermal confort and ventilation effectiveness in a full-scale test room. Actes de la conférence sur la Qualité de l'air intérieur : « QAI 1990 », Toronto, p. 305-310.
- 44 Kadulski, R. 1988. Residential Ventilation : Achieving Indoor Air Quality. A Solplan Review Handbook from the Drawing-Room Graphic Services Ltd.
- 45 Linton, J.W. Janvier 1986. A Comparison of Ventilation Strategies for R-2000 Houses. Conseil national de recherches.
- 46 Mattock, C. et D. Rousseau; Habitat Design & Consulting Ltd. Septembre 1988. A Survey of Ventilation Systems for New Housing. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 47 McDonald, B.; Checker Manufacturing Ltd. 1989. Indoor Air Quality Device - IAQD : Phase III, final report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 48 Melchers, J.; Fodor Engineering Ltd. de Marshall Macklin Monaghan Ltd. 1983. Moisture Induced Problems in NHA Housing, Part 3 : Applicable Moisture Reduction Techniques for Newfoundland. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 49 Moffatt, S. et B. Sikorski, Sheltair Scientific. Novembre 1990. Integrated Heating and Ventilation Systems : an Air Management Module and Controller for use with Gas-Fired Boilers. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 50 Morofsky, E., A. Parekh et R.E. Platts. Integrated Mechanical Systems : Recent Developments and Potential Housing Application. Travaux publics Canada.
- 51 Nakatsui, L., V. Mackay et W. Mayhew. Décembre 1990. Dynamic Wall Demonstration Project. Ministère des Affaires municipales de l'Alberta.
- 52 Conseil national de recherches du Canada. Mai 1984. Humidity, Condensation and Ventilation in Houses. Actes n° 7 de la division de la Recherche en construction.
- 53 Newton, A; Sunton Engineering Ltd. Mars 1987. Heating and Ventilation of Modern Housing. Ministère des Affaires municipales de l'Alberta.
- 54 Fondation de recherches de l'Ontario, Energy Systems Centre. Mars 1988. Laboratory Evaluation of Rangehood and Bathroom Exhaust Components and Systems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 55 Piersol, P. et K. Matsumura; Fondation de recherches de l'Ontario. Janvier 1987. Development of a Procedure to Assess Organic Outgassing from Heat Recovery Ventilators. Programme de maisons R-2000. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 56 Platts, R.E.; Scanada Consultants Ltd. Mai 1981. Field Survey of Moisture-Troubled Walls un Newfoundland Houses. Société

5. RÉFÉRENCES

- canadienne d'hypothèques et de logement.
- 57 Product Knowledge Centre, Hydro Ontario. Mai 1988. House Ventilation and Air Quality Reference Guide.
- 58 Proskiw, G. et E.G. Phillips, Unies Ltd. Figley, D.A., Conseil national de recherches du Canada. Fisher, D.R., K.P. Engineering & Design Ltd. Juin 1988. Design, Installation and Commissioning of the Ventilation Systems in the Flair Homes Energy Demo/CHBA Flair Mark XIV Project-Report No. 3. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 59 Proskiw, G., Unies Ltd. Juillet 1990. Observed Performance of the Mechanical Ventilation Systems in Three New Houses. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 60 Proskiw, G., Unies Ltd. Juillet 1990. Utilization Patterns of residential Mechanical Ventilation Systems. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 61 Proskiw, G., Unies Ltd. Juillet 1990. Indoor Air Quality Monitoring of the Flair Homes Energy Demo/CHBA Flair Mark XIV Project. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 62 Proskiw, G. Juillet 1990. Observed Variations in Airtightness of Twenty-Four Detached Houses Over Periods of Up to Three Years. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 63 Proskiw, G., Unies Ltd. Janvier 1991. Performance and Costs of Residential Radon Mitigation Measures for Manitoba. Manitoba Environment.
- 64 R2000 Super Energy Efficient Home Program. 1985. Booklet : How to Operate a Heat Recovery Ventilator. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 65 Raab, K.H. Décembre 1982. Updating Health Standards for Residential Construction. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 66 Riley, M. Juin 1986. Ventilation and Air Quality Monitoring in R-2000 Homes : Measurement and Analysis. Programme de maisons R-2000, Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 67 Scanada Consultants Limited. Juin 1980. Field Investigations of Moisture Related Problems in Nova Scotia. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 68 Semchuk, B. Août 1985. Improved Heating and Ventilating Distribution Techniques. Affaires indiennes et du Nord Canada.
- 69 Shaw, C.Y. et A. Kim; Conseil national de recherches du Canada. Octobre 1984. Performance of Passive Ventilation Systems in a Two-Storey House. DBR Paper No. 1276.
- 70 Sheltair Scientific Ltd. Mars 1988. Evaluation of the Aereco Ventilation System in the Vis Residence. Association canadienne des constructeurs d'habitation.
- 71 Sheltair Scientific Ltd. Novembre 1989. The Canadian Residential Duct and Chimney Survey. Société canadienne d'hypothèques et de logement.

5. RÉFÉRENCES

- 72 Sinha, R. Février 1990. Demonstration of Integrated Heating and Ventilation Systems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 73 Star Heat Exchangers. Novembre 1988. Cross Leakage at HRV Exhausts and Intake Points Test Description and Results.
- 74 Sulatisky, M.; Conseil de recherches de la Saskatchewan. Janvier 1984. Airtightness Tests on 200 New Houses Across Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 75 T.E.S. Limited. Mars 1980. A Review of Ventilation Requirements for Residential Buildings in Canada. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 76 Talalayevsky, L. Avril 1987. Ventilation for Residential Buildings in Northern Conditions. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 77 Timothy Mayo Communications. Décembre 1985. Residential Ventilation Requirements - A Research Report. Énergie, Mines et Ressources Canada.
- 78 Timusk, J., A.L. Seskus et M. Lio, Université de Toronto. Performance Evaluation of the Dynamic Wall House. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 79 Timusk, J., Université de Toronto, pour Marshall, Macklin, Monaghan Ltd. 1983. Moisture Induced Problems in NHA Housing, Part 2 : Literature Review and Research. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 80 To, K.X.; Venmar Inc. Roof Turbine. Conseil national de recherches.
- 81 Trow Inc. Décembre 1989. Criteria for the Air Leakage Characteristics of Building Envelopes. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 82 Unies Ltd. 1983. An Evaluation of the Effectiveness of Air Leakage Sealing. Manitoba/Canada Conservation and Renewable Energy Demonstration Program.
- 83 Unies Ltd. Mars 1988. CMHC Guide to Ventilation Systems - Consumers Series. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 84 Van Poorten, J.H.; Marshall, Macklin, Monaghan Ltd. 1983. Moisture Induced Problems in NHA Housing, Part 1 : Analysis of Field Survey Results and Projections of Future Problems. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 85 Van Poorten, J.H.; Marshall, Macklin, Monaghan Ltd. Octobre 1984. Moisture Induced Problems in NHA Housing - Summary Report. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 86 White, J.H. Requirements for Residential Ventilation Systems and Components. Mémoire interne à la Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 87 White, J.H. Société canadienne d'hypothèques et de logement. 1984 Separation of Combustion and Ventilation Air. Exposé présenté à la Conférence de commercialisation de l'Association canadienne du gaz, à Winnipeg.

5. RÉFÉRENCES

- 88 White, J.H. Mars 1984. Ventilation for Humidity Control. Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 89 White, J.H. Société canadienne d'hypothèques et de logement. Juin 1984 Ventilation Compliance Tests for Houses. Actes du 77^e Congrès annuel de l'Association pour l'assainissement de l'air, San Francisco (Californie) É.-U.
- 90 White, J.H. Novembre 1990. Comments on CSA F326 Residential Mechanical Ventilation Systems, Second Draft, Revised October 1990. Mémoire interne à la Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 91 White, J.H. Décembre 1990. The energy efficiency of residential ventilation fans and fan/motor sets. Mémoire interne à la Société canadienne d'hypothèques et de logement.
- 92 Wilson, A.G.; Conseil national de recherches. Février 1969. Ventilation and Air Quality. Digest de la construction au Canada, n° 110.
- 93 Yuill, G.K. et G.M. Comeau; G.K. Yuill & Associates Ltd. Demonstration and Performance Testing of the Laminar Air Flow Super Window - Humidity Controlled Air Inlet - Baseboard Heating (LAFSW/HCA/BH) System in a Winnipeg House. Énergie, Mines et Ressources Canada.

