



NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Matériaux de faible perméance dans les enveloppes de bâtiment Kumaran, M. K.; Hayysom, J. C.

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

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/21274749>

Solution constructive, 2000-10-01

NRC Publications Record / Notice d'Archives des publications de CNRC:

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=937ce662-a4e1-4414-9d30-bc2bad2ed817>;

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=937ce662-a4e1-4414-9d30-bc2bad2ed817>

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

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

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

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

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

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

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

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

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



Matériaux de faible perméance dans les enveloppes de bâtiment

par M.K. Kumaran et J.C. Haysom

Cet article contient certaines indications quant à la mise en oeuvre de matériaux de faible perméance sur le côté extérieur des murs, dans les conditions climatiques existant au Canada. Ces recommandations, présentes dans l'édition 1995 du Code national du bâtiment, devraient réduire les risques de condensation d'humidité dans les murs.

Les exigences contenues dans l'édition 1995 du Code national du bâtiment (Canada) ont assoupli les restrictions figurant dans le Code de 1990 concernant l'utilisation de matériaux de faible perméance à la vapeur d'eau sur la face externe des murs extérieurs isolés. Ces restrictions avaient été ajoutées afin de réduire

les risques de condensation sur la face interne des matériaux de faible perméance utilisés comme pare-air sur la face externe des murs. Elles allaient à l'encontre, cependant, du succès prouvé pendant les nombreuses années d'une telle utilisation de ces isolants de faible perméance. Le résultat fut que bien des fabricants s'opposèrent à ces conditions exagérément restrictives.

Cette conception des murs, décrite dans le Code de 1995, est le résultat d'une série de changements mis en oeuvre au fil des années pour répondre à l'évolution des besoins et des attentes dans le domaine du bâtiment au Canada. Dans les années 30, on a introduit des pare-vapeur afin de réduire la diffusion de la vapeur dans les murs et vides sous toit. Lorsque l'on a commencé à humidifier les maisons, dans les années 50, l'accumulation d'humidité dans les murs et les vides sous toit fut à nouveau un problème pour beaucoup de maisons. Les chercheurs ont découvert que la plupart de l'humidité était transportée en ces endroits en grand partie par le biais des fuites d'air et non par diffusion de la vapeur. Les fuites d'air peuvent devenir un problème important si les divers matériaux de l'enveloppe du bâtiment, comme le pare-vapeur, ne sont pas continus et que de multiples ouvertures laissent passer l'air dans les murs et les vides sous toit.

Les trois mécanismes principaux qui permettent le passage de l'air de part et d'autre de l'enveloppe d'un bâtiment sont l'effet de cheminée, l'action du vent et la ventilation mécanique.

Effet de cheminée. Plus la température augmente, plus la densité de l'air diminue; c'est pourquoi l'air chaud est plus léger que l'air froid. Ainsi l'air chaud monte et sa flottabilité exerce une pression vers l'extérieur au niveau des plafonds et de la partie supérieure des murs. Les ouvertures dans les pare-vapeur permettent à l'air chaud et humide de circuler dans le toit ou dans la structure des murs. Là, il se refroidit et dépose de l'humidité sur les surfaces intérieures froides du toit ou du revêtement mural.

Action du vent. Le vent qui souffle sur une maison produit une pression positive sur la face extérieure du mur exposé au vent et une pression négative sur les autres murs. La pression négative entraîne, par le biais des ouvertures, l'air de l'intérieur vers les murs extérieurs et l'humidité que contient cet air chaud se condense à l'intérieur de la structure murale, sur le revêtement froid.

Ventilation mécanique. Alors que les ventilateurs d'extraction réduisent la pression à l'intérieur d'une maison en extrayant l'air, les systèmes mécaniques de ventilation mal équilibrés, y compris les ventilateurs d'alimentation, peuvent pressuriser l'intérieur. L'air et l'humidité peuvent alors circuler par les ouvertures vers les murs extérieurs et les combles dans lesquels la condensation peut s'accumuler.

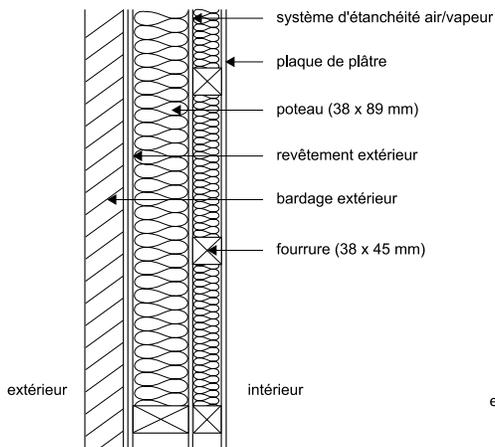


Figure 1. Coupe verticale d'un mur dont le système d'étanchéité à l'air et à la vapeur est mis en place entre les poteaux et les fourrures internes

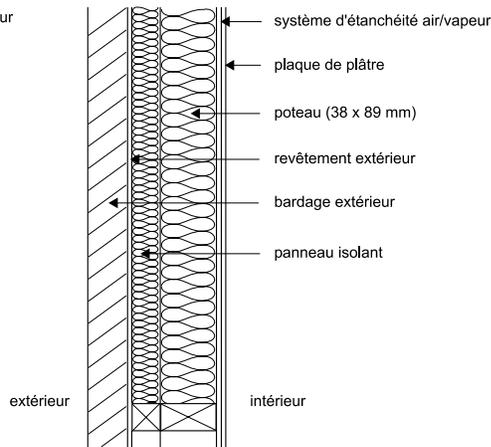


Figure 2. Coupe verticale d'un mur avec panneau isolant installé à l'extérieur de l'ossature murale à poteaux

Lorsque les coûts de l'énergie ont grimpé dans les années 70, la demande d'efficacité énergétique a entraîné la construction de maisons mieux isolées. Dès que les cavités entre les poteaux d'une ossature murale sont garnies d'un isolant, tout isolant supplémentaire doit se placer à l'intérieur ou à l'extérieur afin d'accroître la résistance thermique du mur.

Une technique qui permet d'insérer un isolant à l'intérieur, consiste à placer une fourrure horizontale sur le pare-vapeur qui est fixé aux faces internes des poteaux; ceci donne de l'espace pour une seconde couche d'isolant. Résultat, le pare-vapeur est pris en sandwich entre les deux couches d'isolants, la couche intérieure étant plus fine que la couche extérieure (figure 1). Cette conception, toutefois, pourrait entraîner une condensation de l'humidité sur le pare-vapeur si la température de l'air à ce point venait à baisser en dessous de la température du point de rosée, dans les conditions de l'air intérieur.

Un autre système consiste à ajouter un revêtement isolant sur la face extérieure de l'ossature murale à poteaux pour augmenter la résistance thermique du mur (figure 2). Le panneau isolant couvrant la face extérieure des poteaux, il réduit aussi l'effet de pont thermique créé par les poteaux de bois, ce qui constitue un avantage supplémentaire. Dans ce cas, le pare-vapeur est installé sur le côté chaud des poteaux comme l'exige le Code. A l'origine, on utilisait des panneaux de bois ou de fibre minérale comme revêtement extérieur mais les isolants en mousse polyuréthane sont aussi devenus très prisés.

Les problèmes de condensation auxquels ont fait face bien des propriétaires dans les années 60 et 70 ont amené le Comité associé du Code national du bâtiment à ajouter une section secondaire à la partie 9 du CNB de 1980 intitulée « Mesures de prévention

de la condensation ». Elle contenait des instructions pour l'installation d'un pare-vapeur, qui feraient de ce dernier une membrane d'étanchéité à l'air plus efficace.

Beaucoup de concepteurs ont objecté à cette hypothèse du Code statuant que le pare-vapeur jouerait également le rôle de pare-air. Ils avaient pour argument le fait qu'il serait plus facile de maintenir la continuité du pare-air si celui-ci pouvait être installé dans un

endroit plus approprié du mur, où il aurait moins de chances d'être interrompu par des conduits, des cloisons internes ou des boîtiers électriques. En conséquence, le Code de 1990 reconnaissait que le pare-air pouvait être un élément distinct, placé n'importe où dans le mur. Cette modification a permis à quiconque utilisant un matériau de faible perméance à la vapeur d'eau comme pare-air de choisir de l'installer près de la surface extérieure du mur dont la face interne serait susceptible de condensation.

Pour réduire les risques d'une mauvaise mise en place, on a ajouté une restriction dans le Code sur l'emplacement des pare-air de faible perméance à la vapeur. Il faut poser ces pare-air de façon à ce que la température de la face interne reste supérieure à celle du point de rosée de l'air intérieur lorsque la température extérieure est supérieure de 10 °C à celle de janvier, 2,5 %. Cette restriction, cependant, a empêché l'utilisation de certains revêtements isolants qui avaient été utilisés sans problèmes sur la face externe des murs à poteaux de bois pendant des années.

Les fabricants de ces matériaux ont argué qu'une telle restriction n'était pas nécessaire et ont demandé à ce qu'elle soit retirée dans l'édition 1995 du CNB. Certaines préoccupations ont aussi émergé concernant le risque de condensation sur les matériaux de faible perméance placés vers l'extérieur même s'ils ne doivent pas jouer le rôle de pare-air. Les chercheurs de l'Institut de recherche en construction du CNRC ont accepté d'étudier la question en profondeur.

L'étude

En premier lieu, les chercheurs ont utilisé une modélisation informatique pour définir la relation entre l'exfiltration d'air, le transfert de chaleur et l'accumulation d'humidité

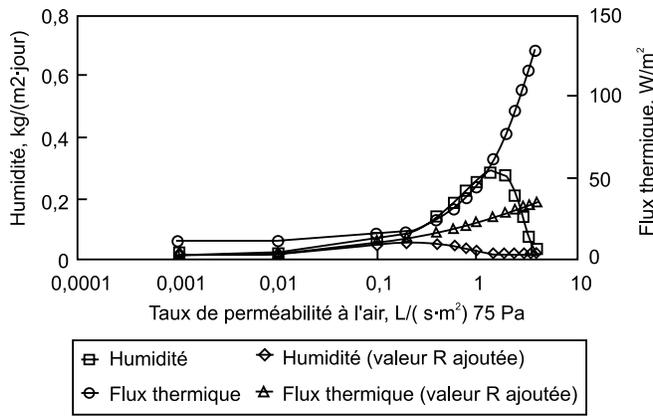


Figure 3. Conséquences d'une résistance thermique supplémentaire fournie par le revêtement extérieur

dans un mur creux. Pour cette étude, il s'agissait d'un mur fait de poteaux de 38 mm sur 89 mm, d'un panneau isolant semi-rigide dans la cavité murale et d'un pare-vapeur de type II. La température intérieure était de 21 °C et l'humidité relative (HR) intérieure de 36 %. La température et l'humidité relative extérieures étaient respectivement -15 °C et 60 %. La perméance à l'air de l'ensemble variait entre 0,001 L/(s·m²) et 10 L/(s·m²), pour une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur de 75 Pa.

Les résultats de cette modélisation ont montré que le flux de chaleur (flux thermique par unité de surface du mur) augmentait si le débit d'air augmentait. L'accumulation d'humidité augmentait aussi, mais jusqu'à un certain point seulement. Au delà de ce point, l'accumulation d'humidité diminuait jusqu'à devenir insignifiante. La raison de cette diminution est que la température dans la cavité augmentait au fur et à mesure que le débit d'air augmentait. À un certain moment, la cavité devint si chaude que les conditions requises pour qu'il y ait conden-

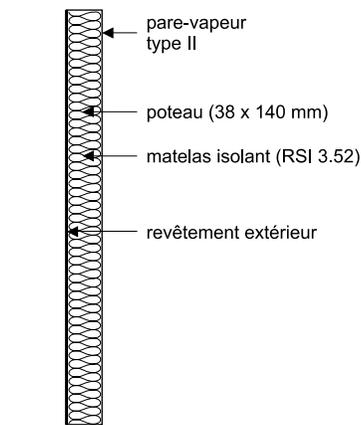
sation n'étaient plus réunies. C'est la raison pour laquelle de nombreux immeubles anciens sans pare-air ne connaissent aucun problème d'humidité, les murs étant si chauds qu'aucune condensation n'est possible. Compte tenu du coût de l'énergie aujourd'hui et des attentes des occupants, les murs qui comportent des fuites ne sont pas une solution pratique. L'ajout d'un isolant sur l'extérieur du mur, en revanche, est une autre façon de garder chaude la cavité murale.

Les chercheurs ont ensuite répété les simulations informatiques avec un revêtement de panneaux de fibres minérales de 25 mm d'épaisseur placé à l'extérieur des poteaux (figure 3). Les simulations ont confirmé que, dans ce cas, la cavité était assez chaude pour empêcher qu'il y ait une condensation sur la face intérieure.

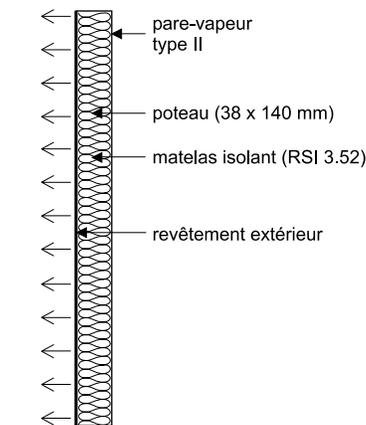
Pour déterminer l'effet des fuites d'air et de l'isolation extérieure sur la performance d'un mur, les chercheurs ont exécuté plusieurs simulations en variant les paramètres de calcul comme le taux de perméabilité à l'air, la perméance à la vapeur et l'humidité intérieure relative. Les poteaux utilisés étaient de 38 mm sur 140 mm, et les panneaux isolants semi-rigides de RSI 3,52. Un mur a aussi été équipé d'un revêtement isolant externe, RSI 0,75.

Les simulations ont permis d'analyser le comportement hygrothermique de la cavité pendant une année complète, sur une base horaire, en utilisant les données climatiques de la ville d'Ottawa. La figure 7 montre l'accumulation d'humidité dans la cavité pour trois murs décrits ci-après :

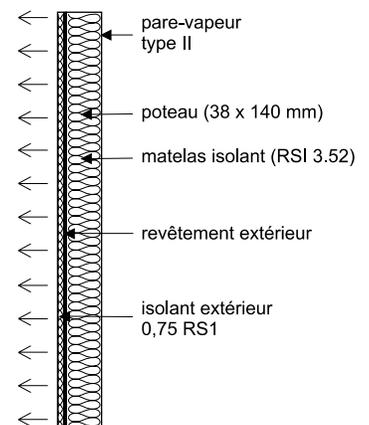
Mur B0 (figure 4) – Pare-vapeur de type II, aucune perméabilité à l'air (pas de fuite d'air), HR intérieure de 36 %.



Pare-air étanche (pas de fuite d'air)



Pare-air non étanche 0,1 L/(s·m²) à 75 Pa (fuite d'air diffuse)



Pare-air non étanche 0,1 L/(s·m²) à 75 Pa (fuite d'air diffuse)

Figure 4. Mur B0

Figure 5. Mur B2

Figure 6. Mur B2R

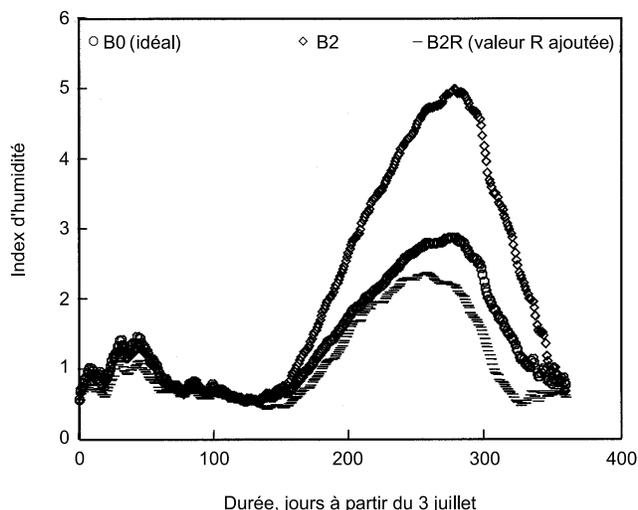


Figure 7. Accumulation annuelle d'humidité dans la cavité murale. L'index d'humidité est la moyenne journalière sur une étendue proportionnelle.

Mur B2 (figure 5) – Pare-vapeur de type II, perméabilité à l'air de $0,1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ à 75 Pa, HR intérieure de 36 %.

Mur B2R (figure 6) – Pare-vapeur de type II, perméabilité à l'air de $0,1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ à 75 Pa, HR intérieure de 36 %, revêtement isolant de faible perméance, RSI de 0,75.

La courbe B0 donne l'accumulation d'humidité due uniquement à la diffusion.

La courbe B2 donne l'accumulation d'humidité due à la diffusion et aux fuites d'air.

La courbe B2R montre l'effet bénéfique du revêtement isolant extérieur sur l'accumulation d'humidité, la diffusion d'humidité et les fuites d'air étant les mêmes que pour B2. L'accumulation d'humidité pour B2R était inférieure à celle de B0.

Tableau 1. Rapport entre la résistance thermique côté extérieur et côté intérieur (CNB 1995, Tableau 9.25.1.2)

Degrés-jours de chauffage de l'emplacement du bâtiment, en °C-jours	Rapport minimal entre la résistance thermique totale du côté extérieur et la résistance thermique totale du côté intérieur de la face interne du matériau
≤ 4999	0,20
5000 à 5999	0,30
6000 à 6999	0,35
7000 à 7999	0,40
8000 à 8999	0,50
9000 à 9999	0,55
10 000 à 10 999	0,60
11 000 à 11 999	0,65
≥ 12 000	0,75

Ces résultats montrent que lorsque l'on augmente suffisamment la résistance thermique d'une couche de faible perméance à l'extérieur d'un bâtiment, on améliore la capacité de l'ensemble à gérer une petite quantité de fuite d'air. La simulation a montré que le rapport utilisé entre l'isolant extérieur et l'isolant intérieur (à savoir, $0,75/3,52 = 0,214$) était approprié pour contrôler l'accumulation d'humidité dans le mur, pour une humidité relative intérieure de 36 % et le climat de la région d'Ottawa. Des simulations pour d'autres villes canadiennes, avec les données climatiques correspondantes, ont montré que le rapport requis de la résistance thermique extérieure et intérieure est proportionnel aux degrés-jours. Ainsi, plus il fait froid, plus il faut isoler l'extérieur pour maintenir la température nécessaire dans la cavité murale et contrôler l'accumulation d'humidité.

Le Comité permanent des maisons et petits bâtiments (responsable de la partie 9 du CNB) a adopté les recommandations des chercheurs et les a intégrées au tableau 1 du Code de 1995, qui donne le rapport entre la résistance thermique côté extérieur et côté intérieur par incréments de 1000 degrés-jours^{1,2}. Les degrés-jours pour plus de 600 villes canadiennes – de Victoria, C.-B. (2900) à Eureka, T.N.-O., (13800) – figurent à l'annexe C du Code national du bâtiment (tableau 2).

Tableau 2. Degrés-jours de chauffage pour quelques villes canadiennes sélectionnées (Annexe C, CNB 1995)

Ville	Degrés-jours de chauffage, degrés-jours Celsius
Victoria	2900
Edmonton	5400
Regina	5750
Winnipeg	5900
Toronto	3650
Ottawa	4600
Québec	5200
Fredericton	4650
Halifax	4100
Charlottetown	4600
St John's	4800
Whitehorse	6900
Yellowknife	8500
Iqualuit	10050

Utilisation d'isolants extérieurs de faible perméance

Lorsque l'on utilise un matériau de faible perméance à la vapeur dans un mur, le rapport entre la résistance thermique côté extérieur et côté intérieur doit être égal ou supérieur à celui qui est nécessaire pour contrôler la condensation.

La résistance thermique d'un mur est le total de la résistance de tous les matériaux qui composent le mur, comme l'isolant, le revêtement, le fini, les vides et les lames d'air. La résistance thermique du côté intérieur est la somme de la résistance thermique de tous les matériaux mis en oeuvre du côté chaud du matériau de faible perméance. Pour calculer la résistance thermique minimale de l'isolant du côté extérieur, on multiplie d'abord la résistance thermique du côté intérieur par le rapport du tableau 1 correspondant aux conditions climatiques en vigueur. Ce résultat donne la résistance thermique totale de tous les élé-

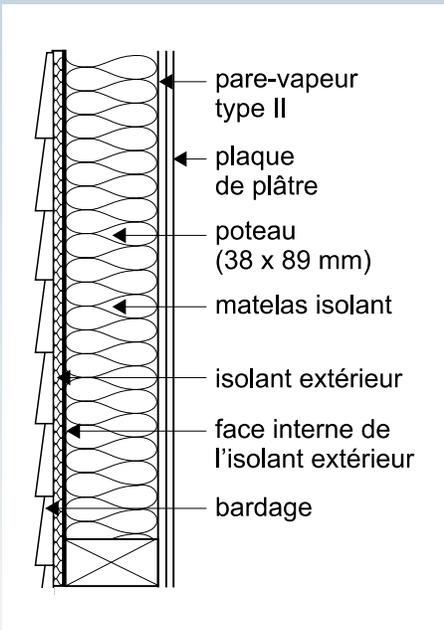
ments du côté extérieur, y compris l'isolant extérieur, le matériau du fini extérieur et la lame d'air. L'ajout de la résistance thermique de tous les autres éléments du côté extérieur et le retrait de ce sous-total de la résistance thermique totale du côté extérieur donne la résistance thermique minimale de l'isolant extérieur. L'exemple suivant est un calcul pour un type de mur à Winnipeg.

Conclusion

Cette étude a montré que la mise en place d'un matériau de faible perméance sur le côté externe d'un mur extérieur n'augmente pas forcément les risques de condensation dans la structure du mur tant qu'une résistance thermique suffisante est ajoutée sur la face interne de l'isolant afin de conserver sa température, condition nécessaire pour éviter toute condensation.

Exemple

Winnipeg comprend 5900 degrés-jours ce qui, selon le tableau 1, exige un rapport RSI minimum de 0,30. Les calculs suivants montrent comment obtenir la quantité minimale d'isolant nécessaire sur le côté extérieur pour un mur avec des poteaux de 38 mm sur 89 mm.



Poteaux 38 mm x 89 mm

	Résistance thermique côté intérieur		Résistance thermique côté extérieur	
	RSI		RSI	
Isolant	2,11	Isolant	à calculer	
Plaque de plâtre	0,08	Bardage en métal ou en vinyle	0,12	
Lame d'air	0,12	Lame d'air	0,03	
Total	2,31	Sous-total	0,15	
Isolant minimum côté extérieur = 2,31 x 0,30 =			0,69	
Moins bardage et lame d'air			0,15	
Résistance thermique minimale de l'isolant			0,54	
Résistance totale du mur = 2,31 + 0,69 =			3,00	
(sans prendre en compte de pont thermique créé par les poteaux)				

Références

1. Remarque : les exigences du CNB se basent sur une humidité intérieure de l'ordre de 36 %. Dans les cas où l'humidité intérieure relative serait nettement supérieure à 36 % pendant de longues périodes en hiver, il serait plus prudent d'utiliser des rapports plus élevés que ceux du tableau 1.
2. Remarque : cette exigence du CNB s'applique aux matériaux qui ont un taux de perméabilité à l'air inférieur à $0,1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ à 75 Pa. Elle ne concerne pas les matériaux de revêtement à base de bois pourvu qu'il y ait des espaces au niveau des joints.
3. *Code national du bâtiment - Canada 1995*. Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1995.
4. Ojanen, T. et M.K. Kumaran. Air exfiltration and moisture accumulation in residential wall cavities. *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings V: Proceedings of the ASHRAE/DOE/BTECC Conference*, Clearwater Beach, Floride, 1992, p. 491–500.
5. Ojanen, T. et M.K. Kumaran. Effect of exfiltration on the hygrothermal behaviour of a residential wall assembly. *Journal of Thermal Insulation of Building Envelopes* 19, 1996, p. 215–227.
6. *ASHRAE Handbook of Fundamentals SI*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1997.

M. M.K. Kumaran est agent de recherche supérieur au sein du programme *Enveloppe et structure du bâtiment*, l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches.

M. John Haysom est chef d'unité au sein du Centre canadien des codes, *Bâtiment et installations techniques*, à l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches.

© 2000
Conseil national de recherches du Canada
Publié à l'origine en octobre 2000
Révisé en mars 2002
ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607; télécopieur : (613) 952-7673; Internet : <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>