

Comprendre la perméance à la vapeur et la condensation dans les murs

INTRODUCTION

L'emploi de membranes de polyéthylène de faible perméance (polyéthylène de 0,006 po) à la fois comme pare-air et pare-vapeur est une pratique bien intégrée dans les codes du bâtiment et l'industrie canadienne de la construction, par suite d'investissements importants dans la recherche et la formation. Lorsqu'on les installe correctement, leur utilisation comme pare-air permet d'améliorer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Les entrepreneurs et les inspecteurs ont acquis une bonne compréhension des détails et des pratiques nécessaires pour rendre les bâtiments étanches à l'air. En revanche, on s'inquiète de la possibilité que les pare-vapeur de polyéthylène réduisent ou empêchent l'assèchement vers l'intérieur et exacerbent la condensation estivale, et c'est pourquoi on remet maintenant en question le bien-fondé d'utiliser le polyéthylène en tant que pare-vapeur.

Consciente de l'incertitude qui entoure cette question dans le secteur de la construction résidentielle, la SCHL a mis sur pied un programme de recherche afin d'examiner si les problèmes potentiels d'humidité causés par l'utilisation de feuilles de plastique de faible perméance dans les murs en élévation et les murs souterrains étaient importants ou négligeables. La recherche devait servir à cerner les cas où le rendement pouvait être amélioré, et à offrir de l'information sur les méthodes générales devant contribuer à apaiser les préoccupations quant à la performance de ce matériau.

CONTEXTE

L'air a une capacité limitée à retenir la vapeur d'eau : la capacité maximale décroît considérablement à mesure que la température baisse. La condensation se produit lorsque l'air à proximité d'une surface est saturé et que la vapeur d'eau devient liquide. La vapeur d'eau peut atteindre une surface par le biais de deux mécanismes. Premièrement, par *diffusion* : la vapeur va toujours des zones où la teneur en vapeur d'eau est élevée vers les zones où cette teneur est faible. Deuxièmement, par *convection ou fuite d'air* : l'air circule des zones de haute pression vers les zones de basse pression en transportant la vapeur d'eau avec lui. Les pare-vapeur servent à freiner la vapeur qui circule par diffusion. Quant aux pare-air, ils permettent de freiner la vapeur transportée par l'air.

Le plus souvent, la vapeur circule beaucoup plus facilement lorsqu'elle est transportée par l'air que par diffusion. Les pare-air sont donc toujours requis, et peuvent être assurés par divers matériaux, dont :

- un polyéthylène de 0,006 po étanchéisé, continu et supporté;
- une plaque de plâtre étanchéisée et continue;
- certains revêtements textiles étanchéisés, continus et supportés, etc.

Les pare-air font plus que maîtriser la condensation, ils assurent également une certaine résistance thermique, réduisent la transmission acoustique et aident au maintien d'une bonne qualité de l'air à l'intérieur.

Dans les murs isolés par un revêtement calorifuge perméable à la vapeur (un isolant semi-rigide en fibre de verre par exemple) et dépourvus de régulateur de vapeur, la vapeur d'eau peut se diffuser vers le revêtement intermédiaire extérieur et se condenser. Si la condensation est assez importante et qu'elle ne sèche pas assez rapidement, elle peut occasionner la formation de moisissures, de pourriture et/ou de corrosion. Pour réduire la quantité de vapeur transportée par diffusion, les pare-vapeur (par exemple le polyéthylène de 0,006 po, les peintures spéciales et les feuilles d'aluminium) peuvent être utilisés.

Au Canada, dans les assemblages rarement chauds ou mouillés, la circulation de vapeur lors du séchage se fera habituellement vers l'extérieur. Du fait de cette réalité, la règle générale veut que, au Canada toujours, les pare-vapeur soient posés à l'intérieur des murs.

Or, comme la diffusion de vapeur est aussi un mécanisme important pour assécher l'eau emprisonnée dans un mur, les pare-vapeur auront aussi pour effet de réduire la vitesse de séchage. Les murs exposés au soleil sont susceptibles d'être plus chauds à l'extérieur qu'à l'intérieur pour une partie de l'année. Dans les climats plus chauds du Canada, comme celui du Sud de l'Ontario, la vapeur peut circuler vers l'intérieur des murs, particulièrement dans les habitations climatisées. Les sous-sols sont toujours humides sur leur face externe et souvent frais à l'intérieur. Dans ces cas, un séchage vers l'intérieur peut se produire si l'intérieur du mur est dépourvu de pare-vapeur. Dans certains cas, la circulation de vapeur d'eau vers l'intérieur est si considérable que la présence d'une barrière de faible perméance, comme le polyéthylène, à l'intérieur peut donner lieu à de la condensation sur la face externe de cette membrane. Ce condensat peut entraîner la formation de moisissures et faire pourrir l'ossature.

La recherche dont il est ici question a mis l'accent sur les effets de la condensation par temps froid sur le revêtement intermédiaire extérieur lorsque aucun pare-vapeur n'est utilisé, et sur l'effet de la condensation par temps chaud sur le pare-vapeur lorsque celui-ci est constitué de polyéthylène. Tous les murs testés ont été pourvus d'un pare-air fonctionnel, puisque toutes les habitations en ont besoin.

MÉTHODE

L'approche adoptée combinait une analyse documentaire approfondie et la tenue d'essais sur le terrain sur des murs en élévation et des murs souterrains à des simulations paramétriques par ordinateur sur l'hygrométrie.

Trois types de murs pleine grandeur (répliques nord et sud; six murs au total) ont été installés dans le bâtiment d'exposition du Building Engineering Group situé sur le campus de l'Université de Waterloo. Les assemblages de mur choisis pour comparer le polyéthylène à la peinture au latex et l'effet du revêtement isolant et de l'orientation sont décrits au tableau 1.

L'intérieur du bâtiment d'essai a été maintenu à 50 % d'humidité relative et à une température variant entre 20 °C et 21 °C durant toute une année. Cette humidité relative intérieure est élevée et nuisible pour des conditions hivernales (elle occasionnera une condensation étendue et persistante sur les fenêtres à double vitrage), et a été appliquée afin de provoquer une humidification par diffusion vers l'extérieur importante durant l'hiver. La température intérieure est plus basse que dans la plupart des bâtiments résidentiels climatisés en été (de 2 °C à 4 °C), et on s'attendait à ce qu'elle augmente la durée et la sévérité de la circulation vers l'intérieur et des problèmes de condensation estivaux. L'assèchement des fuites accidentelles d'humidité n'a pas été pris en compte.

Tableau 1 Assemblages des murs en élévation

Couche	Mur en élévation 1 : 2 x 6 avec polyéthylène	Mur en élévation 2 : 2 x 6 sans polyéthylène	Mur en élévation 3 : 2 x 4 avec PSX, sans polyéthylène
Revêtement intérieur de finition	Plaque de plâtre de ½ po/12,7 mm avec peinture au latex	Plaque de plâtre de ½ po/12,7 mm avec peinture au latex	Plaque de plâtre de ½ po/12,7 mm avec peinture au latex
Couche freinant la vapeur	Polyéthylène de 0,006 po	Aucune	Aucune
Ossature/isolant	2 x 6 à entraxes de 16 po avec panneau isolant semi-rigide en fibre de verre R 20/RSI 3,5	2 x 6 à entraxes de 16 po avec panneau isolant semi-rigide en fibre de verre R 20/RSI 3,5	2 x 4 à entraxes de 16 po avec panneau isolant semi-rigide en fibre de verre R-12/RSI-2,1
Revêtement intermédiaire	Panneau OSB de ½ po/12,7 mm	Panneau OSB de ½ po/12,7 mm	Polystyrène extrudé de 1 po/25 mm à R 5/RSI-0,9
Barrière résistante à l'eau	Membrane d'étanchéité de polyoléfine filée-liée	Membrane d'étanchéité de polyoléfine filée-liée	Membrane d'étanchéité de polyoléfine filée-liée
Cavité d'évacuation	Espace de 1 po/25 mm; aération par le bas seulement	Espace de 1 po/25 mm; aération par le bas seulement	Espace de 1 po/25 mm; Aération par le bas seulement
Bardage	Placage de brique à paroi simple	Placage de brique à paroi simple	Placage de brique à paroi simple

Tableau 2 Assemblages des murs de sous-sol par l'intérieur

Couche	Mur souterrain 1 : PSX de 2 po	Mur souterrain 2 : matelas isolants en rouleau de vinyle et de fibre de verre	Mur souterrain 3 : 2 x 4 avec polyéthylène	Mur souterrain 4 : 2 x 4 sans polyéthylène
Revêtement intérieur de finition	Plaque de plâtre de ½ po/12,7 mm avec peinture au latex	Matériau de parement avec matelas isolant en rouleau avec polyéthylène	Plaque de plâtre de ½ po/ 12,7 mm avec peinture au latex	Plaque de plâtre de ½ po/ 12,7 mm avec peinture au latex
Autre	Lame d'air de 19 mm / ¾ po et tasseaux	Aucun	Polyéthylène de 0,006 po	Aucun
Ossature/isolant	Polystyrène extrudé (PSX) de 2 po/50 mm de R-10/RSI 1,8	Matelas isolant en rouleau en fibre de verre de R-12/RSI 2,1	2 x 4 à entraxes de 16 po avec fibre de verre de R 12/RSI 2,1	2 x 4 à entraxes de 16 po avec fibre de verre de R 12/RSI-2,1

Pour la phase II de cette étude, on a entrepris une deuxième année de suivi en apportant quelques changements aux assemblages muraux. Sur les plaques de plâtre recouvrant les murs en élévation dépourvus de polyéthylène, on a appliqué une peinture pare-vapeur offrant une résistance théorique d'environ 50 à 100 perms métriques (1 à 2 perms américains). De plus, on a ouvert les joints de mortier en partie supérieure de la cavité de drainage du placage de brique des murs avec polyéthylène et on a enlevé la moustiquaire des orifices de ventilation inférieurs afin d'accroître la circulation d'air derrière le placage.

Quatre assemblages muraux de sous-sol isolés par l'intérieur ont été érigés et contrôlés dans une maison de Kitchener, en Ontario. L'installation et l'instrumentation ont été réalisées au cours de la première année d'utilisation; les murs servant aux essais sont exposés au sud, mais pas de manière parfaite. Les assemblages de mur de sous-sol en béton coulé sont décrits dans le tableau 2. Le sous-sol était de construction récente et aucun problème de pénétration d'eau liquide n'a été observé. Les conditions à l'intérieur du sous-sol n'ont pas été rigoureusement contrôlées, mais les mesures indiquaient que les taux d'humidité à l'intérieur se situaient près de la moyenne (selon un relevé précédent des conditions du sous-sol par la SCHL).

Tous les murs ont été munis de capteurs de teneur en eau, de condensation, de température et d'humidité relative. Les données ont été recueillies à des intervalles de cinq minutes et les moyennes horaires ont été mises en mémoire aux fins d'analyse. Des données climatiques complètes ont aussi été recueillies.

Les simulations hygrothermiques ont étendu la portée les résultats tirés des mesures prises sur le terrain. Le programme WUFI a été le premier à être capable de bien prédire les résultats observés pour les murs en élévation et a été utilisé pour étudier un éventail de taux d'humidité intérieure et de climats extérieurs (St. John's, à Terre-Neuve-et-Labrador, Edmonton, en Alberta, et Vancouver, en Colombie-Britannique).

RÉSULTATS

La théorie et les recherches précédentes ont été résumées dans l'analyse documentaire. Elles ont permis de confirmer que le besoin en pare-vapeur est déterminé par le taux d'humidité à l'intérieur, la température à l'extérieur et la composition du mur.

Le contrôle *in situ* des murs en élévation a démontré et confirmé la théorie et l'expérience : premièrement, la présence d'un pare-vapeur en polyéthylène a réduit le potentiel de condensation par diffusion en hiver et de dommages à la cavité interne dus à l'humidité lorsque l'humidité relative à l'intérieur est élevée (50 %). Toutefois, la présence du polyéthylène a augmenté la durée et la sévérité de la condensation estivale dans les cavités de l'ossature murale lorsqu'un parement absorbant était utilisé et lorsque la température intérieure était plutôt fraîche (autour de 20 à 21 °C). Des formations de moisissures ont été observées sur le revêtement intermédiaire en OSB des murs sans polyéthylène exposés au nord tandis que le mur avec polyéthylène exposé au sud présentait de la moisissure et une formation importante de taches sur l'intérieur du bois de charpente, particulièrement en partie inférieure (voir la figure 1).



Figure 1 Mur sans polyéthylène exposé au sud dépourvu de taches (à gauche) et cellules de moisissures sur un mur sans polyéthylène exposé au nord

Le mur exposé au sud pourvu d'un revêtement de mousse de polystyrène extrudée a offert un bon rendement en été; il s'est montré le plus résistant à la condensation estivale se déplaçant vers l'intérieur par diffusion. Cependant, dans les conditions d'analyse, la résistance thermique du revêtement intermédiaire pourvu d'un isolant était insuffisante pour empêcher la condensation hivernale et son dépôt d'humidité subséquent sur la face exposée au nord : à Toronto, à 50 % d'humidité relative à l'intérieur, l'isolant devrait être d'au moins 1,5 po (38 mm). La figure 2 illustre certains de ces résultats.

Tous les murs exposés au sud ont tiré avantage de la chaleur du soleil durant l'hiver, qui a fait augmenter la température

moyenne hebdomadaire et mensuelle du revêtement intermédiaire. Le réchauffement a été suffisant pour pratiquement éliminer le risque de condensation par temps froid.

Comme il a été mentionné précédemment, les conditions imposées au bâtiment d'exposition ont été choisies dans le but de mettre ses murs à rude épreuve : dans des conditions plus normales, les problèmes seront moins graves, voire inexistantes. En revanche, des conditions plus froides, comme celles retrouvées à Edmonton ou plus au nord, occasionneront davantage d'humidification par condensation dans les murs comportant de la peinture au latex, sauf si l'humidité à l'intérieur est maintenue à des taux plus faibles (et donc plus sûrs).

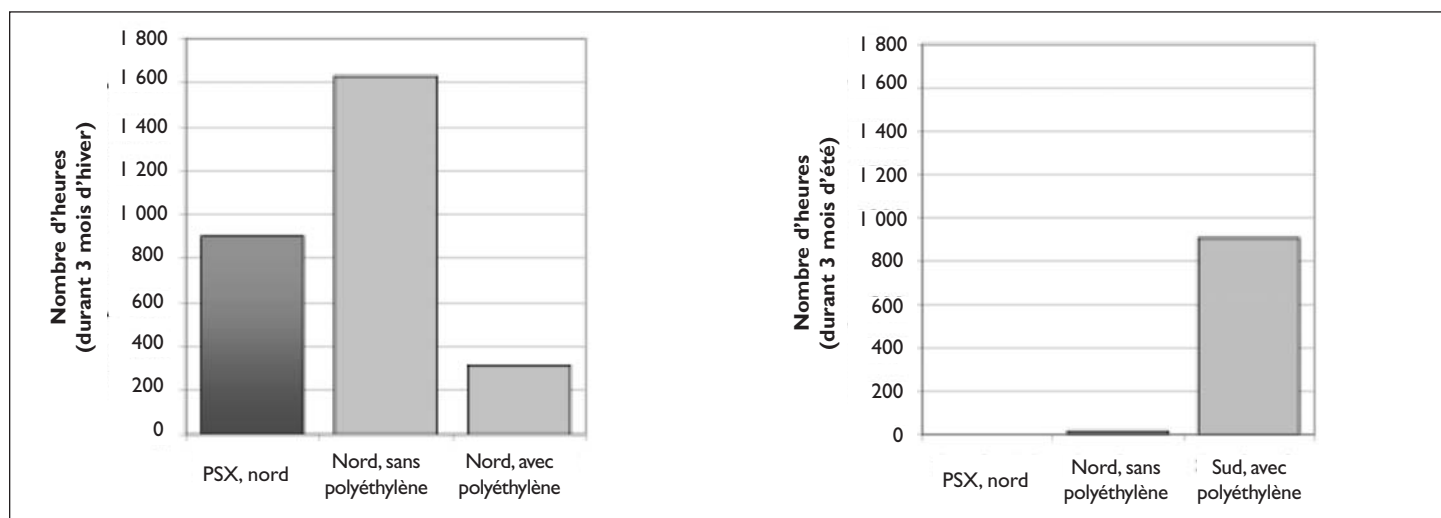


Figure 2 Nombre d'heures durant lesquelles il y avait risque de condensation dans les murs exposés vers le nord (à gauche) et vers le sud (à droite)

Lors de la phase II, dans des conditions internes et climatiques semblables, les murs se sont comportés différemment. La teneur en eau du revêtement intermédiaire en panneaux OSB est demeurée inférieure à 15 % tout au long de l'hiver à l'intérieur des murs standards en pièces de 2 x 6 pi sans pare-vapeur en polyéthylène puisque les murs intérieurs avaient été revêtus d'une peinture pare-vapeur (voir la figure 3). Pour les conditions estivales, l'aménagement d'une cavité ventilée derrière le placage de brique a réduit le mouvement vers l'intérieur qui était à l'origine d'une forte présence d'humidité sur la face intérieure des plaques de plâtre du mur n° 1 revêtu d'une membrane de polyéthylène. L'hygromètre placé à cet endroit pour mesurer la teneur en eau du bois a indiqué une humidité relative suffisamment basse.

Aucun des murs souterrains n'a montré de signes de dommages importants, malgré la présence de condensation estivale dans les murs revêtus de polyéthylène. Le mur sans polyéthylène n'a montré aucun signe de condensation ou de taches d'humidité. Durant l'été, la condensation était particulièrement sévère sur le mur pourvu d'un matelas isolant en rouleau (mur 2). Durant la période de suivi, cette condensation n'a pas entraîné l'apparition de moisissure ou de taches, mais il ne faudrait pas croire que cela ne se produirait pas sur une plus longue période ou pour d'autres assemblages de même type. Le mur pourvu de mousse (mur 1) a maintenu stable et sûre la teneur en eau de l'ossature en bois, et aidera à éviter les problèmes de condensation causés

par les fuites d'air. Il est important de noter que l'espace entre le béton et la mousse doit être soigneusement étanché à l'air pour éviter de relier cette zone d'humidité élevée avec l'air intérieur.

CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L'HABITATION

Quelle que soit la perméance à la vapeur des matériaux utilisés dans un assemblage mural, on doit toujours maîtriser la circulation d'air à travers l'enveloppe par un pare air efficace. Une gestion insuffisante de la circulation d'air reste de loin la plus importante source de condensation pour les murs en élévation et les murs souterrains.

La théorie et les recherches précédentes ont confirmé que le besoin en pare-vapeur est déterminé par le taux d'humidité à l'intérieur, la température à l'extérieur et la composition du mur. Les résultats issus des essais et des simulations réalisées dans le cadre de la présente étude indiquent que des couches intérieures de faible perméance seront nécessaires dans certains cas pour maîtriser les conditions d'humidité dans les assemblages muraux, mais pourraient exacerber les problèmes d'humidité dans d'autres. Lorsque l'humidité est très élevée à l'intérieur et que les températures sont très froides à l'extérieur, les murs isolés par de la fibre minérale et dépourvus de revêtement intermédiaire isolant auront besoin d'un pare-vapeur de faible perméance, comme les membranes de polyéthylène. À

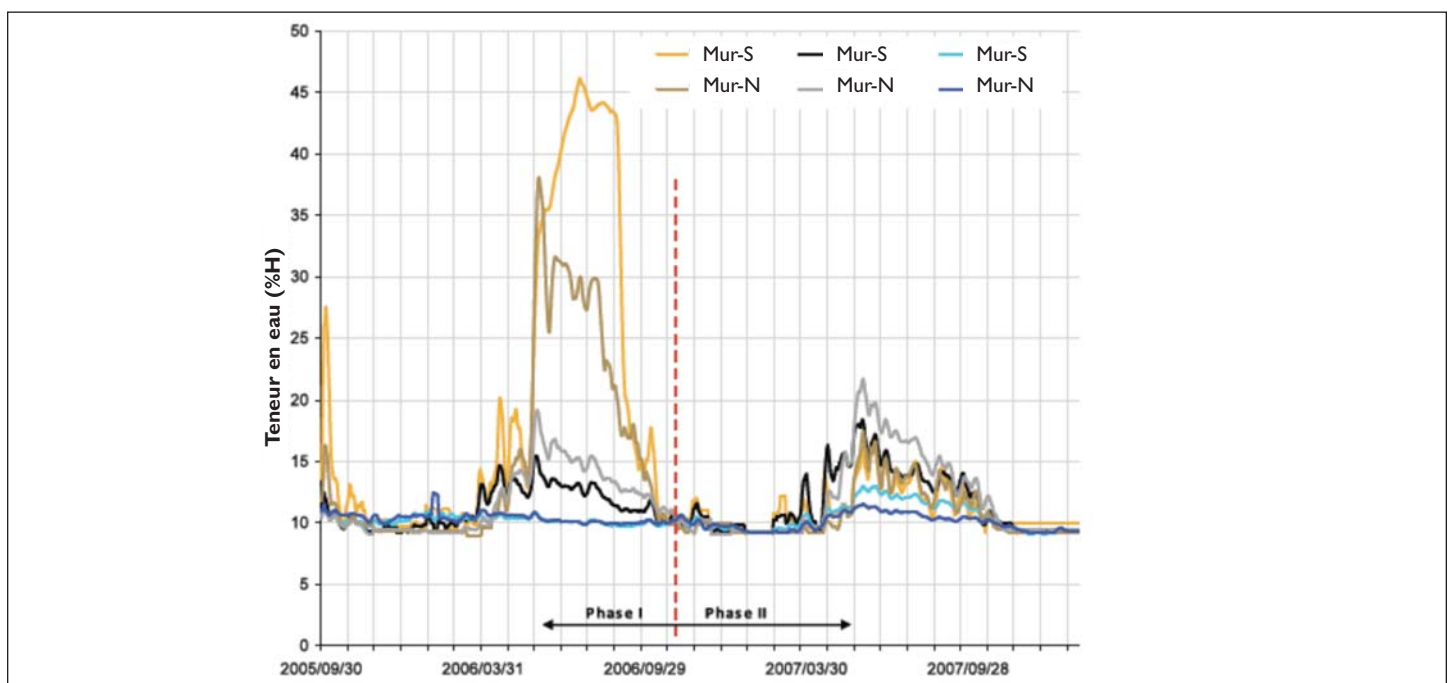


Figure 3 Teneur en eau du bois à l'extérieur des plaques de plâtres.

des taux d'humidité relative plus bas (plus « sûrs »), dans des climats canadiens plus chauds et avec des murs pourvus d'un revêtement intermédiaire extérieur isolant, la peinture au latex ordinaire peut suffire. L'ajout d'un revêtement intermédiaire isolant permet de maîtriser la condensation se formant par temps froid et celle se formant par temps chaud, sans qu'un revêtement en plastique soit nécessaire; la valeur « R » de l'isolant doit toutefois être suffisamment élevée pour empêcher la condensation hivernale au taux d'humidité intérieur attendu. Le rapport comporte plus de détails sur les combinaisons de climat, d'humidité relative à l'intérieur et de revêtement intermédiaire isolant permettant de maîtriser la condensation par temps froid.

Par temps chaud, il peut y avoir condensation sur les pare-vapeur de plastique des immeubles climatisés pourvus d'un bardage absorbant lorsque celui-ci est mouillé par la pluie et exposé au soleil. Il faut toutefois que cette combinaison spécifique de facteurs persiste pour qu'apparaisse la condensation. Durant la phase II de l'étude, on a constaté qu'une ventilation accrue des cavités du placage de brique parvenait à minimiser les contrecoups de l'infiltration d'humidité et à maintenir suffisamment secs les murs dotés de polyéthylène.

En ce qui concerne la perméance des pare-vapeur, la phase I de l'étude n'avait d'abord examiné que des feuilles de polyéthylène de 0,006 po (3,5 perms métriques) et la peinture au latex (de 300 à 600 perms métriques) : cela représente une fourchette de perméance dépassant un facteur de 100. Quant à la phase II, elle a montré que les peintures destinées à freiner la vapeur possédant une perméance située entre 50 et 100 perms métriques pouvaient, dans des conditions hivernales, protéger adéquatement les murs à l'essai contre la diffusion de la vapeur provenant de l'intérieur.

L'étude permet donc de conclure que les murs en élévation revêtus soit de polyéthylène, soit d'une peinture pare-vapeur peuvent être réalisés de manière à convenir aux conditions environnementales du Canada. Elle montre aussi que la tenue en service de l'un ou l'autre de ces assemblages peut être compromise par des conditions environnementales difficiles ou par une mise en œuvre négligée. Dans le cas de fondations dont le sous-sol est aménagé, les résultats des travaux de recherche font ressortir les limites déjà connues des pare-vapeur de polyéthylène.

Directeur de projet à la SCHL : Don Fugler

Consultants pour le projet de recherche :
Halsall Associates Limited

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642

Télécopieur : 1-800-245-9274

©2009, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL

25-05-09

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.