

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Performance des isolants thermiques posés à l'extérieur des murs de sous-sol

Swinton, M. C.; Bomberg, M. T.; Kumaran, M. K.; Normandin, N.; Maref, W.

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/10.4224/40002907>

Solution constructive; no. 36, 1999-12-01

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=26a6fadb-9055-48a5-a2a4-32a4a60ff574>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=26a6fadb-9055-48a5-a2a4-32a4a60ff574>

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.

Performance des isolants thermiques posés à l'extérieur des murs de sous-sol

par M.C. Swinton, M.T. Bomberg, M.K. Kumaran, N. Normandin et W. Maref

Les problèmes rencontrés dans les sous-sols sont bien souvent à l'origine des réclamations faites dans le cadre des programmes de garanties des maisons neuves. Cet article présente les résultats d'un projet de recherche mené par l'IRC en collaboration avec l'industrie sur la performance des systèmes d'isolation posés à l'extérieur des murs de sous-sol.*

Un sondage sur les programmes de garantie des maisons neuves au travers du Canada a démontré que l'action conjointe de l'eau et des sols était responsable de la plupart des dégradations dans les sous-sols des maisons neuves en 1994 et 1995.¹ L'action du gel sur les murs de sous-sol fut citée en tant que facteur contributif dans 40 % des cas de dégradations, alors que les argiles gonflantes (résultat de fortes variations de mouillage et de séchage dans les sols argileux) ont été

tenues pour responsables de 36 % des cas; l'action du gel sur les semelles de fondation, la nappe d'eau près de la surface du sol et la présence de sels solubles dans l'eau auraient contribué pour 9 %, ce qui donne un total de 85 % de tous les cas de dégradation enregistrés.

Les réparations majeures apportées dans les sous-sols sont généralement coûteuses : dans

bien des cas, non seulement il faut réparer les fondations, mais il faut également poser des éléments de protection pour éviter de nouveaux problèmes. Par exemple, la mise en place de dispositifs d'évacuation des eaux, comme des gouttières, un terrassement approprié et un drainage des murs et des semelles, compte pour une part importante des coûts de réparation qui incombent aux programmes de garanties pour les réparations de sous-sols.

Le besoin de protéger les fondations de l'environnement souterrain n'est pas un concept nouveau.^{2,3,4,5,6} (La première fois que l'on a parlé de pose d'isolant à l'extérieur des sous-sols de maisons remonte à près de 30 ans.^{3,4}) Au fil des ans, de nouveaux produits et systèmes à cet effet ont vu le jour. Quelles sont les performances de ces produits et de ces systèmes et sont-ils conformes aux exigences en matière de sous-sols, telles que les questions clés que les responsables de l'élaboration de normes concernant leur utilisation au Canada se posent aujourd'hui.

C'est dans ce contexte que l'IRC a lancé un programme de recherche en collaboration avec des partenaires industriels pour jeter un regard nouveau sur la performance des systèmes d'isolation posés à l'extérieur des sous-sols (pour une analyse des variables intervenant dans les systèmes d'isolation,

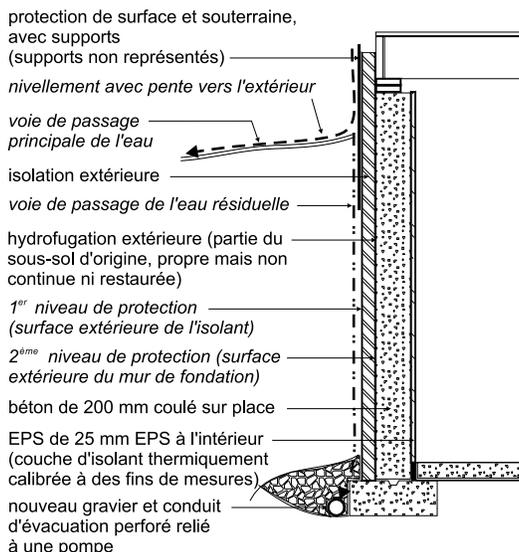


Figure 1. Principe de l'écoulement de l'eau en surface et deux niveaux de protection souterraine

* Les membres du consortium représentant l'industrie étaient : l'Association canadienne de l'industrie des plastiques, l'Association de polystyrène expansé du Canada, l'Association canadienne des entrepreneurs en mousse de polyuréthane Inc., Owens Corning Inc. et Roxul Inc.

Encadré 1
Conception et installation
Paramètres analysés
 (voir figures 2 et 3)

Les paramètres suivants ont été analysés :

- cinq produits isolants
 - 1) polystyrène expansé moulé (EPS) de type 1
 - 2) polystyrène expansé moulé (EPS) de type 2
 - 3) mousse de polyuréthane pulvérisée
 - 4) fibre minérale semi-rigide pour application extérieure sur les murs de sous-sol
 - 5) fibre de verre semi-rigide pour application extérieure sur les murs de sous-sol
- deux concepts d'installation du produit isolant
 - 1) en contact direct avec le sol sous la surface
 - 2) enveloppé (mais pas scellé) de deux couches de polyéthylène
- différentes techniques de jointage des produits isolants
 - 1) joints bout à bout
 - 2) joints à recouvrement
 - 3) mousse projetée en continu
- deux approches permettant de libérer la pression de l'eau du côté intérieur des panneaux isolants
 - 1) avec rainures
 - 2) sans rainures
- deux façons de monter le revêtement protecteur en surface (plaque de fibrociment)
 - 1) profilés en Z verticaux
 - 2) profilés en Z horizontaux
- deux types de terrassement
 - 1) pente en direction opposée au mur (bon aménagement paysager)
 - 2) pente en direction du mur (mauvais aménagement paysager)
- deux approches concernant le gravier sous le remblai
 - 1) protégé par une toile géotextile
 - 2) non protégé

voir l'encadré ci-contre *Conception et installation – Paramètres analysés*).

Une isolation extérieure des sous-sols peut jouer plusieurs rôles au sein du système d'enveloppe des sous-sols (voir l'encadré 2). Étant donné que la réduction des déperditions de chaleur et la protection contre les eaux souterraines sont les deux rôles essentiels que doit jouer tout isolant posé à l'extérieur, l'étude de l'IRC a donc porté sur ces deux points. La réduction des pertes de chaleur dépend de plusieurs facteurs dont la performance des murs de sous-sol en matière de maîtrise de l'eau (autrement dit pour éloigner l'humidité du système des murs).

La capacité de l'isolant à contrôler la pénétration de l'eau est liée à la stratégie globale de contrôle de l'eau du système d'enveloppe du sous-sol (voir la figure 1). Éloigner la nappe souterraine du sous-sol est le premier moyen pour diminuer la quantité d'eau à laquelle le mur de sous-sol sera confronté. Le contrôle de l'eau en surface étant rarement parfait, le système d'enveloppe du sous-sol doit être conçu pour repousser toute l'eau de pluie ou de fonte qui pourrait s'infiltrer sous la terre.

La stratégie la plus efficace pour empêcher la pénétration de l'eau consiste à mettre en oeuvre deux niveaux de protection. Si l'on utilise un isolant posé à l'extérieur du sous-sol, le premier niveau de protection sera la surface extérieure de l'isolant, lequel fournit un moyen continu pour drainer l'eau de la

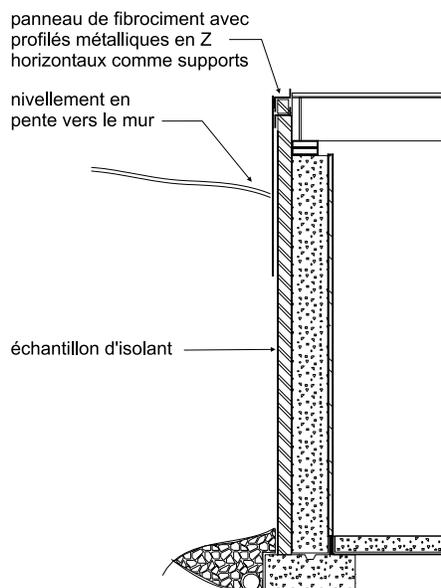


Figure 2. Coupe du mur de sous-sol avec supports horizontaux pour panneau de fibrociment et nivellement en pente vers le mur (mauvais aménagement paysager)

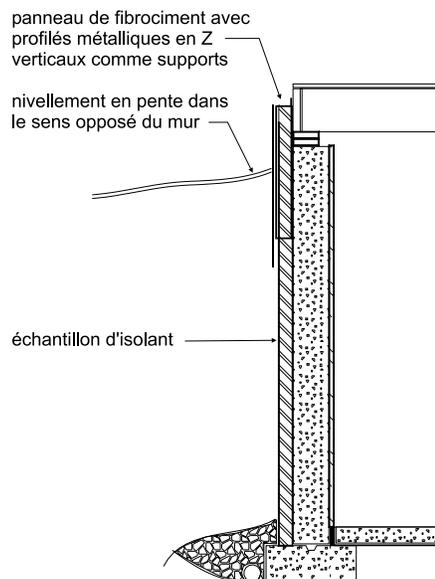


Figure 3. Coupe de l'autre mur d'essai sous-sol avec supports verticaux pour panneau de fibrociment et nivellement en pente dans le sens opposé du mur (bon aménagement paysager)

Encadré 2
Fonctions d'un système d'enveloppe de sous-sol

Un système d'isolation de sous-sol placé à l'extérieur peut exercer de façon efficace jusqu'à 10 fonctions-clés (indiquées ci-dessous en gras), dont l'isolation thermique, éliminant ainsi le besoin de plusieurs couches de matériaux qui seraient requises pour exécuter chacune de ces fonctions séparément. (La liste suivante a été dressée à partir de la référence numéro 7.)

Le système d'enveloppe du sous-sol doit :

- fournir
 - un support pour le bâtiment
 - la rétention de la terre
 - **une protection des fondations vis à vis de l'environnement extérieur (c.-à-d. de l'eau, de l'humidité, du gel-dégel, etc.)**
- contrôler
 - **le flux thermique**
 - **le flux d'air, y compris la pénétration des gaz des sols**
 - les émissions de surface
 - **la condensation superficielle intérieure**
 - **la condensation interne**
 - **le flux de vapeur de l'intérieur vers l'enveloppe**
 - **le flux de vapeur de l'extérieur vers l'enveloppe**
 - **l'humidité de construction** (la pose de l'isolant à l'extérieur permet à l'humidité générée au cours de la construction de s'évaporer)
 - **le flux d'eau de pluie et d'eau souterraine vers l'enveloppe**

Outre ces fonctions clés, le système d'enveloppe du sous-sol a un rôle à jouer en matière de contrôle :

- de l'eau sanitaire (alimentation et égouts);
- du rayonnement de la lumière, du soleil et autre;
- du bruit;
- de l'incendie.

Enfin, le système d'enveloppe du sous-sol est censé être :

- **durable** (c.-à-d. offrir les fonctions mentionnées plus haut tout au long du cycle de vie de l'enveloppe);
- acceptable d'un point de vue esthétique (c.-à-d. avoir un fini approprié).



Figure 4. Maison expérimentale n°1 de l'IRC avec la partie du sous-sol hors-terre visible

surface du sol jusqu'au gravier et jusqu'au conduit d'évacuation à la semelle. Le deuxième niveau de protection est la face extérieure de la fondation (béton coulé sur place, blocs en béton ou lambris de bois dans le cas d'une fondation en bois inamovible), qui peut repousser les quantités d'eau accidentelles qui pourraient traverser le premier niveau de protection.

Avant cette étude, les concepteurs et les constructeurs avaient très peu de données quant à la performance des isolants qu'ils utilisaient s'ils les posaient sur la face extérieure des murs de sous-sol, en contact avec la terre. Mais le contrôle continu de la performance thermique de 13 systèmes d'isolation de sous-sol différents au cours de deux périodes de chauffe effectué par l'IRC, a donné quelques réponses, et notamment une certaine compréhension de la maîtrise de l'eau par ces systèmes. Ces systèmes d'isolation ont été placés côte à côte à l'extérieur de deux des murs de sous-sol de la maison expérimentale n° 1 de l'IRC (voir la figure 4).

Performance thermique

La découverte majeure suite à cette étude est que tous les produits isolants ont fourni une performance thermique continue pendant deux périodes de chauffe entière, chaque échantillon n'affichant que de faibles variations par rapport à sa valeur moyenne (la figure 5 montre la valeur R relative d'un échantillon type). La performance des échantillons s'est maintenue même par gros orages et durant les périodes de dégel, alors que les effets du mouvement de l'eau étaient enregistrés sur la face extérieure des échantillons d'isolant. Ce résultat fut contraire à ce que l'on attendait, à savoir que la valeur R diminuerait en pareille situation, notamment si l'eau franchissait l'isolant.

Une explication plausible de cette stabilité relative de la performance thermique réside dans la stabilité du régime de température dans l'environnement.

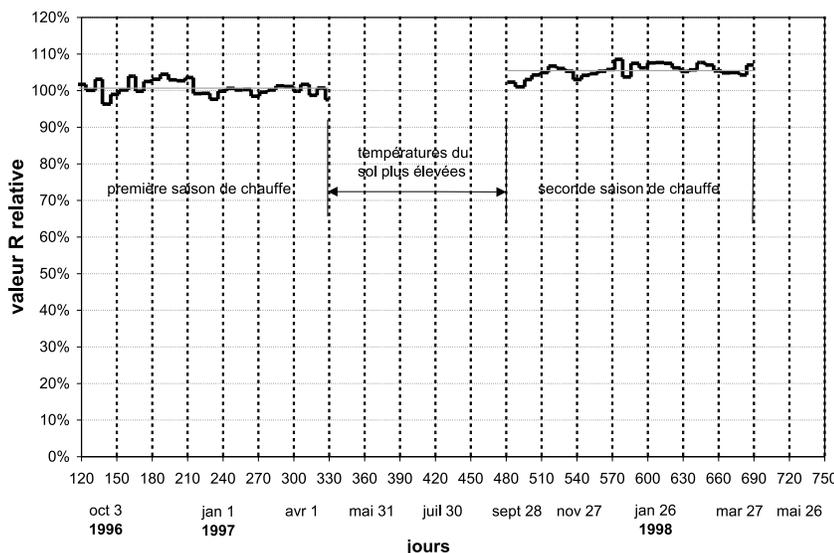


Figure 5. Valeur R type pour un échantillon sur deux périodes de chauffe exprimée en tant que pourcentage de la valeur moyenne R pour le premier mois

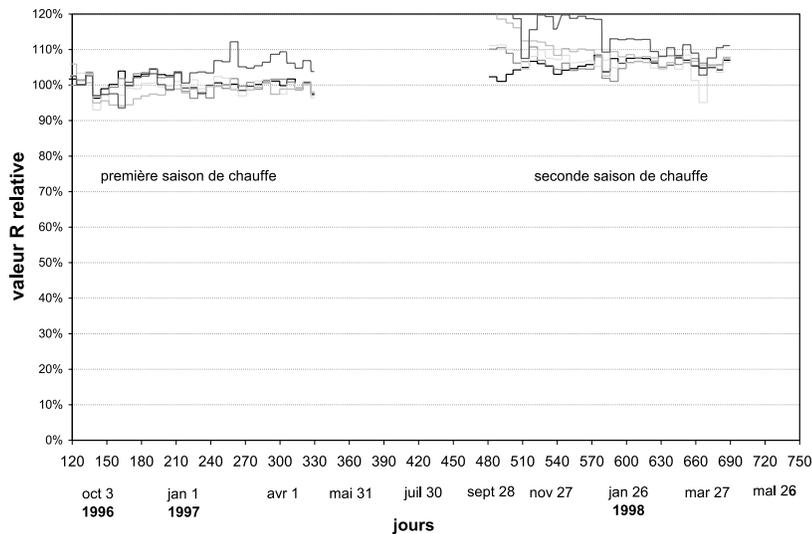


Figure 6. Plage des résultats pour tous les produits évalués sur un mur (EPS de type 1, EPS de type 2, fibre de verre, fibre minérale et MPP)

ronnement souterrain, contrairement à ce qui se passe en surface. Dans l'environnement souterrain, les différences de température de part et d'autre de l'isolant sont toujours dans une direction : la chaleur s'échappe par l'isolant vers la terre de façon continue tout au long de l'année. Même s'il y a bien sûr une exposition à l'humidité dans le sol, le régime de température relativement stable semble aider à atteindre un équilibre du niveau d'humidité dans l'isolant, aboutissant ainsi à une faible teneur en eau des échantillons, que l'on a pu observer lors de leur récupération.

Réciproquement, lorsque l'humidité pénètre et ressort, les propriétés thermiques de l'isolant sont court-circuitées et l'efficacité du matériau est compromise.^{8,9} En plus d'assurer une stabilité du régime de température, les systèmes d'isolation évalués au cours de l'étude se sont avérés posséder les propriétés nécessaires pour maintenir l'eau à l'extérieur du système de murs du sous-sol.

Produits isolants évalués

Les cinq produits qui ont été évalués au cours de cette recherche sont tous conçus pour fournir un niveau continu de résistance thermique dans le sol, mais les stratégies à appliquer sont propres à chacun (voir la figure 6). Dans la figure 6, toutes les valeurs R représentent un pourcentage de la valeur moyenne de chacun pour le premier mois, puis chaque graphique démarre à un pourcentage plus ou moins égal à 100. Le niveau de variation de ces graphiques par rapport au point de départ commun est une mesure de la différence de chaque produit à fournir une valeur R continue.

Ce graphique montre bien que tous les produits ont conservé une résistance proche de la valeur initiale tout au long de la première année, puis se sont aussi bien comportés,

voire mieux, au cours de la deuxième année.

EPS de type 1 et 2

Deux types de polystyrène expansé moulé (EPS), isolant en panneau rigide, ont été évalués : le type 1 et le type 2. Les propriétés mécaniques et thermiques de chacun sont légèrement différentes. La compression exercée sur ces deux panneaux par la pression créée dans le sol autour des sous-sols est faible comparée à la résistance à la compression du panneau, même pour le panneau de plus faible densité, c'est-à-dire celui de type 1. Les deux types ont été placés côte à côte de façon à détecter toute différence en matière de performance. Très peu de différence fut

constatée dans leur capacité à maintenir la valeur R : dans l'ensemble, les deux types ont démontré une performance thermique continue sur une période de deux ans (figure 7).

Non classés comme matériaux drainants, les produits EPS se sont pourtant avérés capable de gérer le mouvement de l'eau sur leur face extérieure en contact avec le sol. Aucune trace d'eau sur presque toute la hauteur du mur de béton n'a été décelée, ce qui indique que les produits EPS peuvent empêcher la pénétration de l'eau.

Encadré 3 Choix du type d'EPS

Auparavant, le Code national du bâtiment (CNB) interdisait de placer des EPS de type 1 en contact avec le sol dans les maisons et les petits bâtiments, mais en octobre 1998, la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies a autorisé le retrait de cette mesure restrictive.¹⁰ Ce type d'utilisation était déjà autorisé et continua de l'être pour tous les autres types d'EPS. Cette modification apportée au code n'était pas fondée sur les résultats mentionnés plus haut mais ces derniers viennent conforter cette décision.

MPP

La mousse de polyuréthane pulvérisée (MPP) est un isolant en plastique qui est appliqué au jet sur place. Elle est capable de fournir une valeur R plus élevée que tous les autres produits de la même épaisseur. Cette résistance thermique supérieure a été confirmée par les essais effectués en dessous du niveau de surface. Conformément à sa technique d'application, la MPP couvre le mur de sous-sol de façon continue autour des projections et des pénétrations. En fait, lorsque l'on a

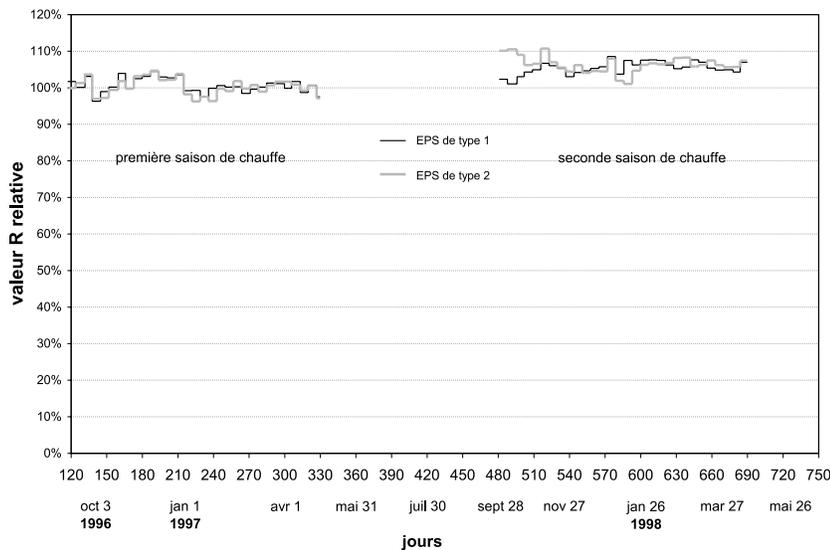


Figure 7. La performance mesurée des EPS de type 1 et 2, placés côte à côte à l'extérieur d'un mur de sous-sol, fut quasiment identique – les deux ont donc maintenu leur performance thermique dans cet environnement.

extrait des échantillons de MPP des murs expérimentaux, il a fallu les dégager du mur et de la semelle en les coupant car la mousse avait complètement adhéré au béton, formant une couche protectrice continue sur le mur, la semelle et le joint (figure 8).

Cette mousse est unique en son genre pour protéger la semelle et éloigner l'eau de celle-ci. C'est le seul produit avec lequel aucune trace d'eau n'a été décelée autour de la semelle (les produits en panneau et semi-rigides reposent juste sur la semelle et ne sont pas censés contrôler le mouvement de l'eau dans cette zone). Ces résultats laissent penser que lorsque l'on utilise la MPP et que la semelle est protégée, une hydrofugation du béton n'est pas obligatoire, même pour la partie inférieure du mur.



Figure 8. Mousse de polyuréthane pulvérisée sur le mur de béton et de la semelle. On peut apercevoir des restes de mousse adhérant sur le béton.

Comme dans le cas des panneaux EPS, l'eau est maîtrisée à la surface du produit, à l'intersection avec le sol, et il semble qu'il y ait moins de mouvement d'eau sur la surface extérieure que dans le cas des isolants fibreux. De plus, malgré le fait qu'il n'y ait pas d'espace manifeste pour recevoir l'eau, le système de murs du sous-sol a été capable de repousser l'eau (voir à ce sujet le paragraphe intitulé *Échantillons sans espaces de drainage spécifiques*).

Panneau de fibres minérales

Le panneau fait de fibres minérales est un panneau dense, semi-rigide qui permet de drainer l'eau grâce à la stratification des fibres et à la présence d'espaces entre ces fibres. La recherche a montré un certain mouvement d'eau sur la face extérieure du panneau qui

était en contact avec le sol au cours des périodes de fortes pluies et de dégel. Aucun signe prouvant que l'eau aurait atteint le mur de béton n'a été constaté, ni aucune réduction de la valeur R *in-situ* correspondante. La performance thermique constante du panneau au cours de ces périodes avec mouvement d'eau laisse penser que seules les fibres extérieures de l'isolant drainent l'eau.

Panneau de fibres de verre

Le panneau fait de fibres de verre est aussi un isolant fibreux semi-rigide de drainage mais il est moins dense que le produit en fibres minérales et subit plus de compression pour la même charge. Le fabricant a compensé en augmentant sa valeur R à l'état non comprimé afin d'atteindre une certaine valeur R une fois placé dans le sol et comprimé. L'étude a démontré que la stratégie du fabricant était efficace. La performance thermique *in-situ* du produit fut semblable à celle des produits adjacents qui subissaient moins de compression. On nota un mouvement d'eau important sur la face extérieure de l'isolant, ce qui confirme qu'il y a bien eu drainage.

Maîtrise appropriée de l'eau

Les produits fibreux facilitent le drainage, cela ne fait aucun doute. C'est un fait reconnu par au moins un code provincial du bâtiment et confirmé par la recherche effectuée sur les produits en fibre minérale et en fibre de verre. Cependant, le succès des panneaux isolants rigides et de la mousse pulvérisée pour éloigner l'eau des murs de sous-sols nous amène à la question suivante : les espaces ou les vides pourvus pour le drainage sont-ils nécessaires pour obtenir une maîtrise appropriée de l'eau?

Températures mesurées à l'intersection polyéthylène-sol au milieu du mur situé à l'ouest – échantillon de référence enveloppé dans du polyéthylène

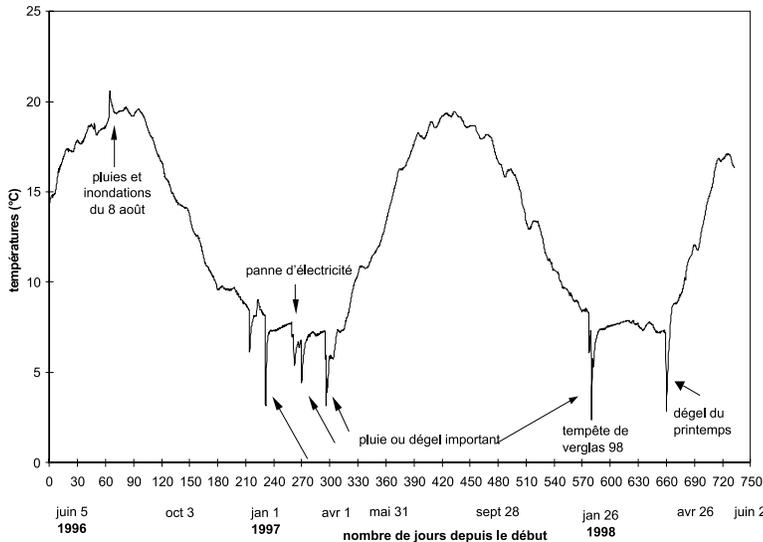


Figure 9. Températures mesurées à l'intersection polyéthylène-sol au milieu du mur situé à l'ouest – échantillon de référence enveloppé dans du polyéthylène

Échantillons sans espaces de drainage spécifiques

Les chercheurs ont mené une étude sur deux échantillons différents, chacun étant enveloppé de deux couches de polyéthylène, formant ainsi des surfaces lisses sans vides de drainage. Dans les deux cas, les échantillons ont favorisé le mouvement de l'eau sur la surface extérieure de sorte que l'eau n'a pas pénétré dans les murs du sous-sol, prouvant ainsi que des vides de drainage n'étaient pas nécessaires pour protéger les sous-sols contre la pénétration de l'eau.

Les « pics » de la courbe des températures mesurées à l'intersection isolant-sol (figure 9) prouvent qu'il y a eu mouvement d'eau. Ils ont toujours eu lieu au moment des fortes chutes de pluie ou des dégels répertoriés.

Les échantillons de fibre de verre, de fibre minérale et ceux enveloppés de polyéthylène (les résultats de ces derniers étant indiqués sur la figure) donnaient les pics les plus importants. On peut en conclure, bien que nous n'en ayons pas de preuves, que plus le pic est long, plus le volume d'eau circulant sur la face extérieure des murs du sous-sol est important. (Remarque : l'orage du 8 août 1996, qui a causé un pic « chaud » dans la courbe des températures, fut répertorié comme un événement qui se produit une fois tous les 75 ans à Ottawa. La tempête de glace de 1998, événement encore plus rare, a entraîné un pic de froid majeur dans la courbe, indiquant ainsi un mouvement d'eau considérable.)

Rainures de drainage dans les panneaux rigides

Ces dernières années, on a créé des rainures de drainage dans les panneaux isolants rigides d'utilisation souterraine pour offrir des aérations verticales entre l'isolant et le mur de fondation. Ces espaces étaient destinés à supprimer la pression de l'eau potentielle en offrant des orifices de drainage aux intersections isolant-fondation (figure 10). Ainsi, les rainures ont été créées pour améliorer la performance du deuxième niveau de protection, c.-à-d. le mur de béton coulé sur place, par rapport à la pénétration de l'eau.

L'étude a clairement montré que l'eau n'atteint pas normalement le mur de béton lorsqu'il y a un système d'isolation installé de façon adéquate avec des éléments de drainage en surface et un conduit de drainage souterrain opérationnel. De plus, compte tenu de la rugosité en surface des murs de béton, il est improbable que les panneaux d'isolant rigides se logent de façon continue contre le béton et créent une hauteur d'eau ou une pression, advenant qu'il se produise une défectuosité du premier niveau de protection. Les rainures sont, au mieux, une amélioration du deuxième niveau de protection, qui n'entre en jeu que si la stratégie ou le mécanisme précédent a échoué.

Jointage des panneaux

Différentes techniques permettent d'empêcher la pénétration de l'eau entre les panneaux isolants adjacents, dont des joints bout à bout placés bien serrés et l'utilisation de

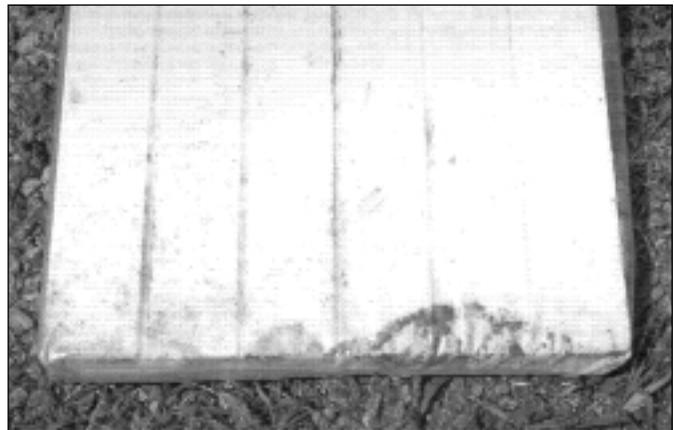


Figure 10. Rainures sur le revers d'un échantillon de EPS recouvert. Sauf pour les 50 mm de la partie inférieure, le revers du panneau ne porte pas de trace d'un éventuel mouvement d'eau, ce qui dans le sol argileux du site d'essai aurait été visible par la sédimentation. Le fait que les rainures soient propres prouve qu'elles n'ont joué aucun rôle dans la protection contre l'eau au cours des 30 mois d'exposition sur ce site.

joint de recouvrement. Ces deux dernières se sont avérées être efficaces pour empêcher l'eau d'atteindre le revers de l'isolant et le mur de béton. On peut s'attendre à un mouvement d'eau entre les joints mais l'absence de pression hydrostatique empêche l'eau de migrer vers le revers du panneau et donc dans le mur de béton.

Une seule fois l'eau a atteint le mur de béton derrière l'isolant. Il semble que ce soit le résultat de l'installation d'isolants fibreux dissemblables côte à côte, à côté d'un tuyau de descente des eaux pluviales lui-même placé tout près des fondations. Le premier moyen de contrôle de l'eau de surface a ainsi été outrepassé et cette eau a été dirigée vers le mur. Un mauvais ajustage du joint entre ces produits dissemblables combiné à leur nature fibreuse a pu favoriser au fil du temps la création d'un passage de l'eau vers le mur de béton.

La situation décrite ci-dessus souligne l'importance de maintenir l'ensemble de ces stratégies pour empêcher la pénétration de l'eau dans le système d'enveloppe des sous-sols, c'est-à-dire fournir :

- un premier passage pour éloigner l'eau du bâtiment et l'empêcher de pénétrer dans le sol;
- un premier niveau de protection continue (isolation extérieure);
- un deuxième niveau de protection (le mur de béton), qui, dans ce cas, s'est révélé nécessaire.

Si la maîtrise de l'eau est assurée par des isolants en panneaux, les détails d'installation et l'ajustage des joints seront cruciaux pour obtenir un premier niveau de protection efficace.

Ponts thermiques

En construction, il est conseillé d'éviter de créer des ponts thermiques, bien que, parfois, cela s'avère impossible. Quoi qu'il en soit, il faut à tout prix éviter de créer des ponts thermiques importants lorsque l'on joint un matériau thermoconducteur à un autre, et plus particulièrement à un autre dont la surface est grande.

On a analysé deux différentes techniques pour soutenir le panneau de fibrociment utilisé dans la protection de surface (figures 2 et 3). Dans la première, les supports étaient fixés horizontalement au chevêtre en bois en haut du panneau de fibrociment (cas de référence). Les profilés en Z constituent des ponts thermiques mais ils sont fixés au chevêtre de bois qui est isolé à l'intérieur : le pont thermique est ainsi brisé. Dans la deuxième technique, plus conventionnelle,

les profilés métalliques en Z sont fixés au béton verticalement, créant de façon évidente un pont thermique dans l'isolation.

Bien que les profilés verticaux en Z ne s'enfoncent dans le sol que de 270 mm, leur influence va bien au-delà de ce niveau car ils ont été fixés au béton, matériau conducteur de chaleur. Même à 740 mm en dessous de la surface, ce qui est bien en dessous de la partie inférieure des profilés en Z, l'influence des profilés était assez remarquable. Des mesures prises au point central des échantillons d'isolant ont montré que la résistance thermique effective de ces ensembles était inférieure à la moyenne de 13 % par rapport aux ensembles comportant un système de support dont le pont thermique était brisé.

Un nivellement durable

Le nivellement de l'un des deux murs du sous-sol de la maison d'essais fut incliné vers l'extérieur (avec une pente de + 5 %, donc dans les règles de l'art) au cours du dernier aménagement paysager, après un hiver et un printemps entier pendant lesquels le sol s'était tassé. Le nivellement de l'autre mur fut incliné vers le mur lui-même (avec une pente de - 5 %, ce qui est un mauvais procédé) à des fins de comparaison.

Lorsque l'on a mesuré de nouveau ces pentes à la fin de l'expérience, les chercheurs ont constaté qu'un affaissement du sol avait entraîné des pentes négatives autour des deux murs. La pente initiale positive de 5 % dans le sens opposé du mur était devenu une pente négative vers le mur, le premier moyen de dissiper l'eau du mur avait donc été anéanti en une année. Ces résultats indiquent qu'il faut des pentes initiales plus prononcées pour compenser le tassement de terrain éventuel ou des moyens plus fiables pour dissiper l'eau de surface. Un meilleur compactage du remblai pourrait aussi améliorer la situation.

La première année, on a relevé peu de mouvement d'eau sur les échantillons pris sur le mur nivelé dans les règles de l'art, alors qu'il y avait bel et bien eu un mouvement d'eau (au cours des période de dégel et de pluie) sur les échantillons du mur mal nivelé. Au cours de la seconde saison de chauffe, en revanche, les échantillons des deux murs montraient les mêmes quantités d'eau.

Traitement du gravier

Une toile filtrante fut placée sur le gravier d'un seul côté de la maison d'essais. Lorsque les systèmes d'isolation ont été retirés, l'équipe a recherché des signes de sédimentation dans les conduits d'évacuation des

deux côtés de la maison d'essai. Aucune sédimentation ne fut relevée dans chacun des conduits, ce qui signifie que cette expérience n'a donné aucune information définitive quant à la question de savoir si la toile filtrante empêchait ou pas le colmatage des conduits d'évacuation par le gravier.

Protection des fondations contre l'action du gel-dégel

La température la plus froide relevée sur le béton, à 270 mm en dessous du niveau du sol au cours de la saison de chauffe fut à peu près 11 °C. Aucun cycle gel-dégel ne fut observé dans le béton. De plus, certaines parties du système de murs autour du nivellement qui auraient dû subir le gel-dégel furent protégés de l'eau ou de la fonte des neiges par le panneau en fibrociment.

Conclusions

Un système d'enveloppe de sous-sol de haute performance doit remplir toutes les fonctions requises pour un tel système. Pour atteindre un niveau élevé de performance au fil du temps, il est particulièrement important de différencier le système d'isolation et le produit isolant. Tous les produits isolants évalués dans cette étude ont fait preuve d'une performance thermique, relativement constante. Au niveau du système par contre, certains systèmes ont mieux fonctionné que d'autres, la performance thermique des systèmes avec profilés en Z horizontaux dont le pont thermique avait été interrompu se sont révélés supérieurs à ceux avec profilés en Z verticaux. Tous les échantillons ont bien maîtrisé l'eau grâce à des stratégies différentes mais toutes aussi efficaces.

Résumé

- Seules de petites différences ont été notées parmi les différents produits dans leur capacité à fournir une performance thermique constante, chacun d'entre eux ayant sa propre stratégie de protection contre l'eau. Les EPS de type 1 se sont révélés être bien adaptés pour une application à l'extérieur des murs de sous-sol.
- Il est important d'éviter les ponts thermiques : même limité, un contact avec un autre élément conducteur de chaleur, tel que le béton, peut avoir des conséquences importantes sur la performance thermique de tout le système de murs de sous-sol.
- Une couverture protectrice joue un rôle important au niveau du sol et juste en dessous, là où l'action du gel semble être la plus forte.

- Le besoin de rainures de drainage pour améliorer la performance du deuxième niveau de protection doit être réexaminé.
- On ne peut pas compter sur une pente faible dans l'aménagement paysager pour éloigner l'eau du mur de sous-sol car celle-ci ne dure pas. Dissiper l'eau de surface est le premier moyen pour diminuer le volume d'eau contre lequel le système d'enveloppe du sous-sol devra lutter.
- Une isolation extérieure peut offrir un premier niveau de protection pour le système d'enveloppe du sous-sol si sa capacité de contrôle de l'eau est suffisante. Cette capacité a été effectivement fournie par tous les échantillons d'isolant évalués.
- Il est important de faire attention aux détails d'installation dans le cas de produits isolants en panneau et semi-rigides afin de veiller à la continuité du premier niveau de protection aux joints et aux coins.

Références

1. « Survey to characterize the causes of 1994 and 1995 basement failures in new residential construction », rapport de Cedaridge Consulting Ltd. pour l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, juillet 1997.
2. Crocker, C.R. « Sous-sols des maisons d'habitation », *Digest de la construction Canada n° 13*, Conseil national de recherches du Canada, Division des recherches en bâtiment, Ottawa, 1961 (amendé en 1974), 4 p.
3. Elmroth, A. et Höglund, I. « New basement wall designs for below-grade living space ». Publié initialement à Stockholm en 1971; traduction technique préparée pour le Conseil national de recherches du Canada, Division des recherches en bâtiment, Ottawa, 1975.
4. Crocker, C.R. « Problème d'humidité et de chaleur dans les murs de sous-sol », *Digest de la construction Canada n° 161*, Conseil national de recherches du Canada, Division des recherches en bâtiment, Ottawa, 1974, 4 p.
5. Bomberg, M.T. « Some performance aspects of glass fiber insulation on the outside of basement walls », *Symposium on Thermal Insulation Performance*, Tampa, FL 1978, ASTM Special Technical Publication, vol. 718, 1980, p. 77-91.
6. Timusk, J. « Insulation retrofit of masonry basements », rapport pour le ministère des Affaires municipales et du logement, Ontario, oct. 1981.
7. Hutcheon, N.B. « Exigences pour les murs extérieurs », *Digest de la construction Canada n° 13*, Conseil national de recherches du Canada, Division des recherches en bâtiment, Ottawa, 1963, 4 p.
8. Kumaran, M.K. « Moisture transport through glass-fibre insulation in the presence of a thermal gradient », *Journal of Thermal Insulation 10 (Apr.)*, 1987, p. 243-255.
9. *Regard 90 sur la science du bâtiment*. « Les petits bâtiments – une technologie en transition » (publication issue d'une série de séminaires offerts par l'Institut de recherche en construction entre 1982 et 1992). Conseil national de recherches du Canada, Institut de recherche en construction, Ottawa, 1990.
10. *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.

© 1999

Conseil national de recherches du Canada

Décembre 1999

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>