

SÉCHAGE DES MURS DE SOUS-SOL

Rapport final du projet

À l'intention de :

**M. Don Fugler
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Ottawa (Ontario)**

par

**Tom W. Forest et Mark Y. Ackerman
Department of Mechanical Engineering
University of Alberta
Edmonton (Alberta)**

Mars 1999

Sommaire

Une étude d'une durée de dix-huit mois a été amorcée pour évaluer les propriétés de séchage de 10 options d'ossature/isolation de murs de sous-sol après leur avoir fait subir une fuite contrôlée ou une inondation de courte durée. Elle a porté sur une construction classique à ossature de bois, une construction à ossature d'acier et trois assemblages brevetés. Au nombre des assemblages brevetés se trouvait un nouveau produit de Owens Corning, assemblage de fibre de verre rigide revêtu de vinyle, pouvant être installé sans ossature de bois ou d'acier, un assemblage avec isolation de polystyrène extrudé, Perimate^{MC} de Dow, et un isolant vaporisé sur place. Cinq variantes d'une ossature classique à poteaux de bois ont été évaluées. Les différences évaluées variaient entre l'utilisation d'un pare-vapeur externe et la construction de l'ossature à une certaine distance des murs et planchers, et l'utilisation de Densglas^{MC} au lieu de plaques de plâtre. Les deux assemblages à poteaux d'acier différaient seulement sur le plan de la distance du mur de sous-sol.

En règle générale, tous les assemblages muraux brevetés ont été plus performants que les assemblages à ossature de bois ou d'acier. Soit que les assemblages n'ont pas absorbé suffisamment de vapeur d'eau, soit qu'ils ont séché relativement vite après le mouillage, que la source d'eau soit une fuite contrôlée ou une inondation de courte durée.

Les assemblages à poteaux d'acier étaient plus performants que les poteaux de bois dans le cas d'une saturation de courte durée. Comme les poteaux d'acier ne peuvent pas retenir l'eau, ils ont séché plus rapidement que les assemblages de bois.

Aucun des assemblages de bois ne semblait supérieur aux autres dans les deux cas, qu'il s'agisse d'une fuite ou d'une inondation. En ce qui concerne la fuite contrôlée, comme elle pourrait survenir par une fissure dans un mur de sous-sol, les assemblages qui n'étaient pas dotés d'un pare-vapeur externe ont fait couler l'eau le long du mur, sous la lisse basse et dans le sous-sol. Parce que ces assemblages n'ont jamais vraiment été mouillés, leur performance est apparue supérieure. Lorsque la source d'eau était une inondation, le contraire était vrai. Il n'était pas possible de "sceller" les panneaux, bien qu'aucun effort n'ait été fourni en ce sens. Lorsque debout dans 100 mm d'eau durant une "inondation", l'eau s'est infiltrée dans tous les panneaux, qu'il y ait un pare-vapeur ou non. Une fois imbibée, l'humidité est demeurée plus longtemps dans les panneaux dotés d'un pare-vapeur. Autrement dit, le pare-vapeur entrave l'extraction de la vapeur d'eau.

Outre le noircissement de la lisse basse de deux panneaux à ossature de bois, l'étude n'a pas produit beaucoup de moisissure ou de mildiou. Pourtant, les conditions étaient généralement propices, l'humidité superficielle et la teneur en humidité du bois dépassaient 25 % pendant des mois, mais aucune infestation ne s'est manifestée. Ce pourrait être attribuable à l'absence de spores, qui doivent être présentes pour déclencher la croissance.

Tableau des matières	page
Sommaire	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iii
1. Aperçu du projet	1
2. Méthodologie	1
3. Assemblages testés	3
4. Résultats des expériences	10
4.1 Fuite contrôlée I	10
4.1.1 Mesures d'humidité du bois	12
4.2 Fuite contrôlée II	16
4.2.1 Mesures d'humidité du bois	20
4.3 Inondation du sous-sol	22
4.3.1 Humidité relative, température et teneur en humidité du bois des panneaux	22
4.3.2 Inspection visuelle des panneaux et mesures d'humidité du bois	29
5. Conclusions	34
Annexe I – Schémas de mesures prises à mi-hauteur des panneaux . .	35

Liste des figures	page
Figure 1 Emplacements de détecteurs sur un panneau d'essai type.	2
Figure 2a Panneau d'essai 1 – Mur ordinaire mur avec PVA derrière plaques de plâtre	5
Figure 2b Panneau d'essai 2 - Mur ordinaire avec PVA derrière plaques de plâtre et contre le mur du sous-sol	5
Figure 2c Panneau d'essai 3 - Mur à poteaux d'acier, écart du plancher, poly des deux côtés	5
Figure 2d Panneau d'essai 4 - Mur à poteaux d'acier, écart du mur et du plancher, poly des deux côtés	5
Figure 2e Panneau d'essai 5 – Polystyrène extrudé Perimate avec poly et Densglas	6
Figure 2f Panneau d'essai 6 - Mur avec fibre de verre rigide et revêtement intérieur de vinyle	6
Figure 2g Panneau d'essai 7 - Amélioré ordinaire avec poly, Densglas et écart du plancher	6
Figure 2h Panneau d'essai 8 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côté et écart du plancher	6
Figure 2i Panneau d'essai 9 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côtés, plancher et écart du mur	7
Figure 2j Panneau d'essai 10 – Breveté à ossature de bois avec isolant de polyuréthane, Densglas	7
Figure 3 Mesures d'humidité relative à 0,3 m - Première fuite	11
Figure 4 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Première fuite	13
Figure 5 Construction type de panneau à ossature de bois où sont indiqués les points e mesure de la teneur en humidité	14
Figure 6 Mesures d'humidité relative at 0,3 m - Deuxième fuite	18
Figure 7 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Deuxième fuite	19
Figure 8 Mesures d'humidité relative at 0,3 m – Inondation	24
Figure 9 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Inondation	25
Figure 10 Mesures de température dans le panneau 1, avril à novembre	28

Liste des tableaux	page
Tableau 1 - Mesures d'humidité du bois – Décembre 1997.	15
Tableau 2 - Mesures d'humidité du bois – 25 février 1998.	20
Tableau 3 - Mesures d'humidité du bois – 2 juin 1998.	29
Tableau 4 - Mesures d'humidité du bois – 22 juillet 1998.	31
Tableau 5 - Mesures d'humidité du bois – 6 novembre 1998.	33

1. Aperçu du projet

L'étude avait pour objet d'exécuter des essais sur des assemblages de murs de sous-sol afin de repérer ceux qui sèchent rapidement et ne favorisent pas la croissance de moisissures lorsqu'ils sont assujettis à des épisodes de mouillage intermittents. Ces épisodes de mouillage ont pris la forme d'une fuite contrôlée derrière chacun des panneaux d'essai ou d'une saturation ou "inondation" de tous les panneaux jusqu'à une profondeur d'environ 100 mm. Après chaque mouillage, les panneaux ont été contrôlés pendant des mois pour en établir les caractéristiques de séchage. À certains intervalles, chaque panneau a été retiré et son état a été observé à l'œil nu. Durant l'observation, un humidimètre à main a servi à déterminer la teneur en humidité près de la surface à certains points sélectionnés.

2. Méthodologie

Le projet comportait des essais complets et la collecte de données dans une installation réservée à cette fin, pour déterminer quels assemblages muraux sèchent assez rapidement pour prévenir la croissance de moisissure. L'instrumentation propre au mesurage de la teneur en humidité et de la température (teneur en humidité du bois, teneur en humidité en surface ou humidité relative) a été installée sur chacun des panneaux, aux points sélectionnés dans la cavité murale, pour déterminer le potentiel de croissance de moisissure. Comme cas de référence, un assemblage mural "ordinaire" construit de poteaux de 38 x 89 mm (2 x 4) avec isolation en fibre de verre entre le mur de sous-sol en béton et le revêtement de base intérieur a été assujetti à une fuite d'eau à mi-hauteur. Des détecteurs ont été posés à divers points dans la cavité murale comme l'indique la figure 1. À chaque point de mouillage, un détecteur d'humidité superficielle et un thermocouple ont été placés sur le mur de sous-sol en béton, des sondes d'humidimètre à bois et un thermocouple à deux niveaux sur un des poteaux intérieurs, et un détecteur d'humidité relative et un thermocouple ont été placés du côté de la cavité du revêtement de base intérieur. Avec ces mesures, chacune des régions a été contrôlée pour la présence de conditions propices à la croissance de moisissure. Chaque panneau a été retiré et inspecté périodiquement pour voir s'il y avait des signes de moisissure.

Neuf panneaux muraux avaient été installés à l'origine dans le sous-sol de la maison n° 2 au Alberta Home Heating Research Facility. L'installation consiste en six habitations côte-à-côte, en rangée orientée d'est en ouest; les dimensions sur plan de chacune sont de 6,7 m x 7,3 m (22 pi x 24 pi) et le sous-sol pleine hauteur avec plancher-dalle de béton coulé mesure 2,4 m – 8 pi). Avant le début de l'étude, il n'y avait pas d'isolant dans le sous-sol, ni sur l'extérieur ni sur l'intérieur. Les panneaux muraux se trouvaient sur les murs de sous-sol est, ouest et nord, afin d'éviter toute complication pouvant résulter du chauffage solaire du côté sud de la maison. Durant les essais, l'intérieur de la maison, y compris la zone du sous-sol, a été conditionnée à une humidité relative type pour les sous-sols où il existe des problèmes de moisissure, i.e. dans les environs de 40 à 50 % d'humidité relative. La température de l'air du sous-sol a été établie à 20 ° C.

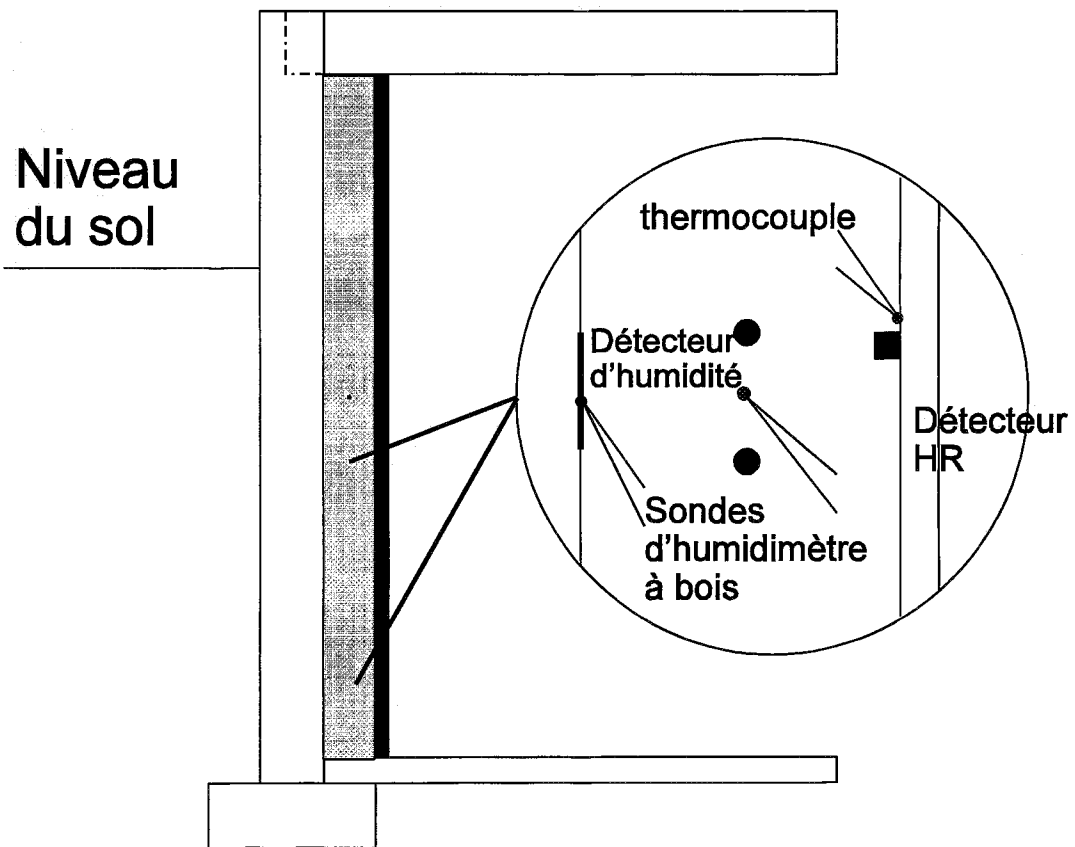


Figure 1 Emplacements de détecteurs sur un panneau d'essai type.

3. Assemblages muraux testés

Voici la liste des configurations murales testées durant l'étape de la fuite contrôlée de l'étude. Une autre configuration, à poteaux de bois vaporisés de polyuréthane, a été ajoutée avant que tous les panneaux ne soient assujettis à l'essai d'inondation de sous-sol.

1. Construction ordinaire (figure 2a)

- Plaques de plâtre peintes
- polyéthylène de 0,15 mm
- Ossature de bois de 38 x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

2. Construction ordinaire améliorée I (figure 2b)

- Plaques de plâtre peintes
- polyéthylène de 0,15 mm
- Ossature de bois de 38 x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

3. Construction ordinaire améliorée II (figure 2c)

- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes (voir note 1)
- 0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
- poteaux d'acier de 38 mm x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher du béton

4. Construction ordinaire améliorée III (figure 2d)

- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
- Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
- Poteaux d'acier de 38 mm x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Ossature espacée de 19 mm du mur de béton
- Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

5. Mur breveté I (figure 2e)

- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
- Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
- Isolation de polystyrène Perimate^{MC} (voir note 2)

6. Mur breveté II (figure 2f)

Assemblage mural avec isolation rigide en fibre de verre Owens

7. Construction ordinaire améliorée ordinaire IV (figure 2g)

Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pas de pare-vapeur extérieur
Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

8. Construction ordinaire améliorée V (figure 2h)

Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

9. Construction ordinaire améliorée VI (figure 2i)

Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

10. Mur breveté III (figure 2j)

Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
50 mm de polyuréthane isolante vaporisée

Note 1. Densglas Gold^{MC} est la marque déposée d'un produit résistant à l'eau, similaire aux plaques de plâtre, fabriqué par la société Owens Corning. Ce produit contient des fibres fendues qui aident à maintenir l'intégrité structurale sous des conditions d'humidité élevée.

Note 2. Perimate^{MC} est un isolant de polystyrène extrudé dont les profilés verticales laissent l'eau s'évacuer entre l'isolant et le mur sur lequel il est appliqué. Ce produit est fabriqué par la société Dow Chemical.

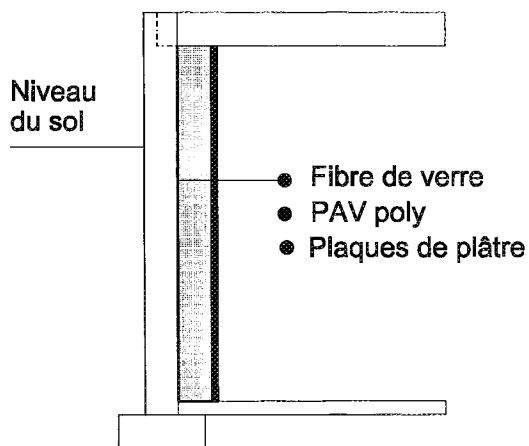


Fig.2a Panneau d'essai 1 – Mur ordinaire et PAV derrière les plaques de plâtre.

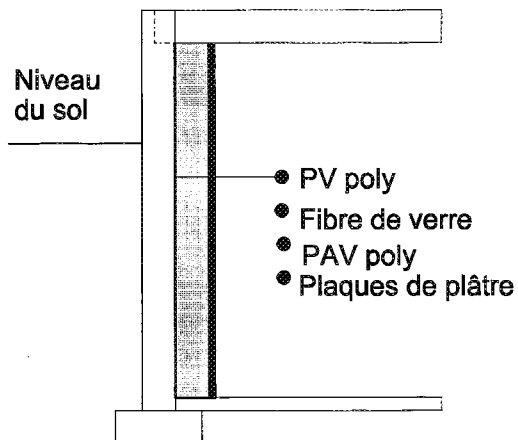


Fig.2b Panneau d'essai 2 – Mur ordinaire, PAV derrière les plaques de plâtre et contre le mur du sous-sol.

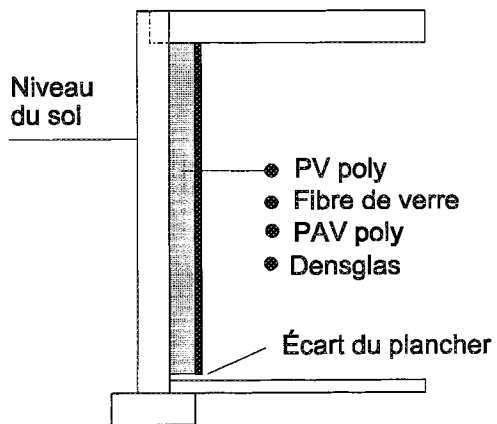


Fig.2c Panneau d'essai 3 – Mur à poteaux d'acier, écart du plancher, poly des deux côtés.

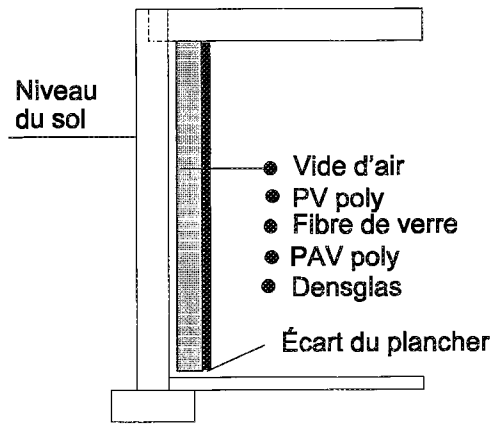


Fig.2d Panneau d'essai 4 – Mur à poteaux d'acier, écart entre le mur et le plancher, poly des deux côtés.

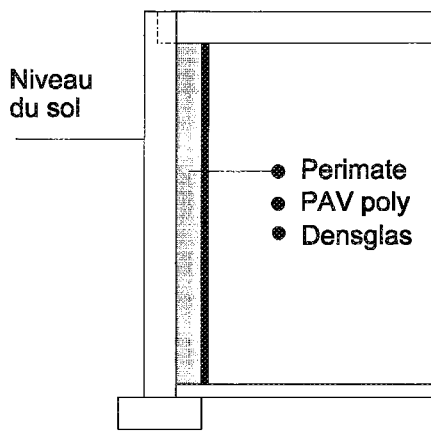


Fig.2e Panneau d'essai 5 - Perimate et polystyrène extrudé avec poly et Densglas

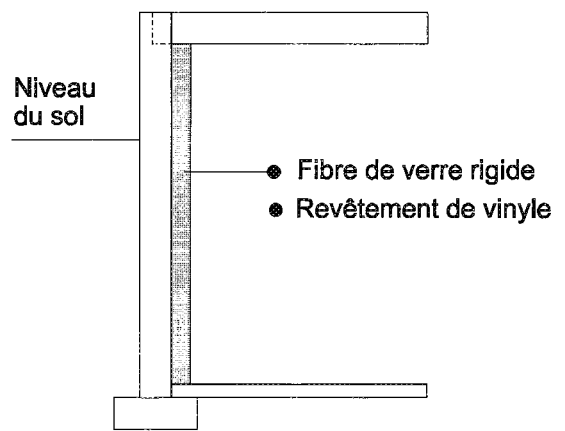


Fig. 2f Panneau d'essai 6 – Mur avec fibre de verre rigide et revêtement intérieur de vinyle

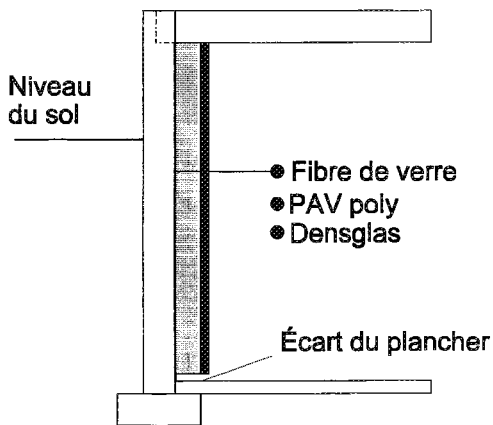


Fig 2g Panneau d'essai 7 – Construction ordinaire améliorée avec poly, Densglas et écart du plancher.

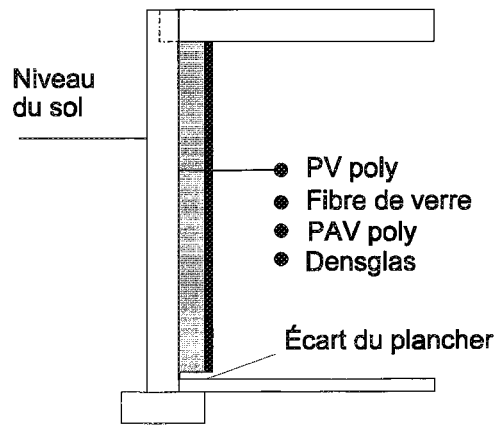


Fig 2h Panneau d'essai 8 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côtés et écart du plancher.

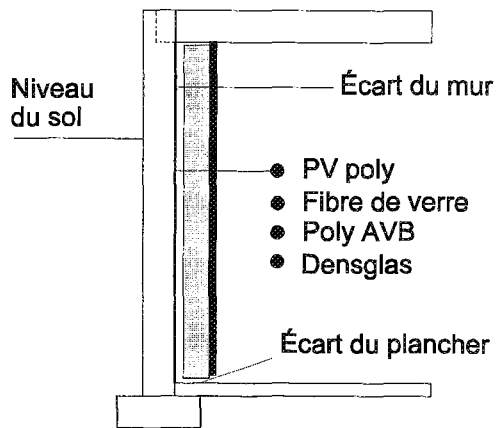


Fig 2i Panneau d'essai 9 – Construction ordinaire améliorée avec poly des deux côtés, écart du plancher et du mur.

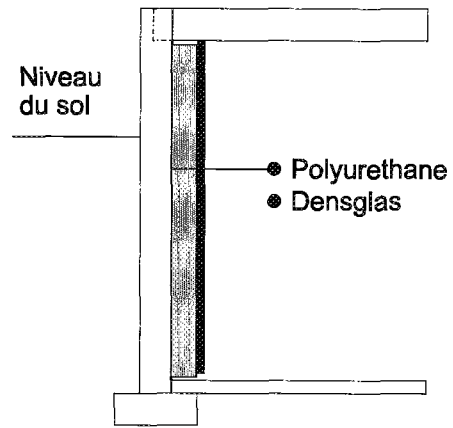


Fig 2j Panneau d'essai 10 – Construction brevetée à poteaux de bois, isolant de polyuréthane et Densglas.

Les mêmes instruments ont été posés sur tous les murs à ossature de bois, à mi-hauteur et à 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol, comme l'indique la figure 1.

Détecteur d'humidité superficielle (pour détecter la condensation sur le mur de béton)

Détecteur d'humidité relative

Humidimètre à bois à sondes

Thermocouple à chaque détecteur de HR et humidimètre à bois, de même qu'aux points de détection d'humidité superficielle (3 par emplacement en tout)

Les poteaux de bois comportaient les instruments suivants à mi-hauteur et à 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol.

Détecteur d'humidité (pour détecter la condensation sur le mur de béton)

Détecteur d'humidité relative

Thermocouple aux points de détection de HR et d'humidité (2 par emplacement en tout)

Les instruments suivants ont été posés sur les murs brevetés I et II à mi-hauteur et 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol.

Détecteur d'humidité (pour détecter la condensation sur le mur de béton)

Détecteur d'humidité relative

Thermocouple aux points de détection de HR et d'humidité (2 par emplacement en tout)

Nota : Comme il n'y avait aucun endroit naturellement indiqué pour les détecteurs de HR, une partie de l'isolant a été évidée pour y insérer un détecteur. Ceci serait censé réduire la résistance thermique locale là où se trouve le détecteur, mais comme les murs de sous-sol sont rarement parfaitement lisses, le détecteur a donné une indication de l'humidité relative à la jonction de l'isolant et du mur.

Nota : Des détecteurs d'humidité ont été installés derrière chaque panneau pour déceler la condensation à la surface du mur de sous-sol. Aucune donnée n'est fournie, car tous les détecteurs ont indiqué la présence de condensation tout au long de l'étude.

Sur l'assemblage mural breveté III (polyuréthane vaporisé), il n'y avait qu'un humidimètre à bois à sondes et un thermocouple à 0,3 m et à mi-hauteur. Un détecteur d'humidité relative a été exclu parce qu'il aurait été enfoui dans la mousse durant l'installation.

La collecte de données a été effectuée au moyen d'un programme ayant une capacité de 126 entrées. Les détecteurs étaient répartis comme suit à l'origine :

Six profilés par emplacement dans chaque section de mur à ossature de bois

(12 en tout par mur à tester x cinq assemblages à ossature de bois = 60 profilés)

Quatre profilés par emplacement dans l'assemblage à ossature d'acier

(8 en tout par mur x 1 assemblage à poteaux d'acier = 8 profilés)

Quatre profilés par emplacement dans chaque assemblage breveté

(8 en tout par mur x 2 assemblages = 16 profilés)

Température de l'air du sous-sol (1 profilé)

HR du sous-sol (1 profilés)

Le nombre de profilés requis a été majoré avec l'ajout du panneau à isolant de polyuréthane avant l'essai de l'inondation. Ceci nécessitait deux autres profilés pour le mesurage de la température et deux autres pour le mesurage de l'humidité du bois.

Signalons que l'humidimètre à bois à sondes était multiplexe afin de pouvoir mesurer la teneur en humidité du bois au moyen d'un lignomètre seulement. Ceci satisfaisait deux exigences, car on sait que les mesures d'humidité du bois sont peu fiables et que l'utilisation d'un instrument pour toutes les mesures signifie que si les mesures absolues de l'humidité du bois sont erronées, les mesures relatives entre panneaux ont un apport inhérent à la comparaison des performances des panneaux. Le lignomètre utilisé a été étalonné avant l'usage par le séchage de bois d'épinette à zéro pour cent d'humidité, puis en ajoutant suffisamment d'eau pour produire une teneur donnée en humidité par masse. Après l'ajout d'eau, les échantillons de bois ont été placés dans des contenants de plastique assez longtemps pour que l'humidité se diffuse à travers les échantillons.

La lecture des détecteurs a été faite quelque 180 fois à l'heure (un circuit complet à travers tous les détecteurs prend environ 20 secondes); la moyenne des 180 relevés de chaque détecteur a été calculée, puis consignée.

Parce que l'immeuble d'essai n'a pas l'eau courante, l'eau des tuyaux de drainage sur le pourtour du sous-sol a été recueillie pour l'humidification et les fuites contrôlées. Ainsi, l'eau qui a servi aux fuites contrôlées ne contenait pas de chlore qui aurait pu inhiber la croissance de moisissures. Pour l'expérience d'inondation, il a fallu faire venir de l'eau chlorée de la municipalité par camion.

4. Résultats des expériences

4.1 Fuite contrôlée I

L'instrumentation et l'étalonnage des détecteurs étaient terminés au début de septembre 1997 et les panneaux étaient prêts à être montés sur les murs et mouillés par une fuite contrôlée. À cause du fonctionnement défectueux de la pompe de puisard au sous-sol, le niveau de l'eau a monté et les panneaux ont été inondés. Signalons que les panneaux n'étaient pas montés sur les murs au moment de l'inondation. Le sous-sol a été vidé et les panneaux ont séché pendant deux semaines environ. Une fois qu'ils semblaient secs, ils ont été montés sur les murs du sous-sol (13 octobre 1997) et les fuites contrôlées ont été amorcées. Un petit tube d'accès a été posé sur chacun des panneaux pour laisser l'eau s'écouler dans l'espace entre le panneau et le mur du sous-sol par un détendeur capillaire. Les détendeurs étaient réglés pour laisser tomber une goutte une fois par seconde environ, puis ils ont été insérés dans les panneaux muraux et laissés ainsi pendant 48 heures. À ce moment-là, la fuite de contrôle (autre détendeur capillaire placé dans un béccher) indiquait qu'environ 4-6 litres d'eau avaient coulé dans chacun des panneaux. Les différences entre les réactions des panneaux étaient très évidentes, sous un rapport, après 48 heures. Sur les panneaux dotés d'un pare-vapeur extérieur, l'eau coulait sur le mur de béton jusque sur le plancher du sous-sol. Après les 48 heures, les fuites ont cessé et les panneaux ont pu sécher. Dans les figures suivantes, la fuite contrôlée a pris fin le huitième jour. Il est à noter que l'humidité relative du sous-sol était très élevée, soit d'une moyenne de 70 % durant les deux semaines suivantes.

La figure 3 indique les mesures d'humidité relative prises aux deux points (à 0,3 m du plancher) dans chaque panneau, de même que l'humidité relative de la pièce. Initialement, comme l'indique la figure, il y avait peu de possibilités que les panneaux sèchent. Compte tenu de l'humidité relative élevée du sous-sol et de la température superficielle de certaines parties du mur de sous-sol non isolé au-dessus du niveau du sol, l'eau se condensait en surface sous le point de rosée et s'écoulait sur le mur jusqu'au plancher du sous-sol. Nous avons essentiellement créé un caisson hermétique où nous ne pouvions contrôler l'humidité relative. De l'avis général, ces conditions n'étaient pas typiques (niveau d'humidité relative anormalement élevé); une ouverture a donc été pratiquée dans la partie supérieure de la structure afin d'augmenter le taux d'infiltration et l'extraction de la vapeur d'eau. L'ouverture a eu pour effet de faire grimper le taux d'infiltration de manière radicale, si bien que l'air humide chaud est vite remplacé par de l'air extérieur plus frais qui, une fois qu'il a atteint la température ambiante, est capable d'absorber de grandes quantités d'humidité.

Après avoir ventilé la structure pour une période d'environ deux semaines, l'humidité relative a été portée à moins de 50 % ; une ventilation continue l'a ultérieurement ramenée à 10-15 % (40^e jour). Le séchage de tous les panneaux, à l'exception des panneaux 1 et 5, était évident à compter de ce point. Bien que les panneaux 1 et 5 aient affiché une réaction à l'évolution des conditions de la pièce, leur réaction était beaucoup plus lente que les autres, vraisemblablement à cause de l'absence d'un pare-vapeur externe de 6 mm, dans le cas du panneau 1, car la fuite a bien mouillé les membrures de l'ossature de bois et l'isolant. Pour ce qui est du panneau 5, comme le polystyrène inhibe l'évaporation de l'humidité emprisonnée entre le panneau et le mur de béton, l'humidité relative est demeurée élevée.

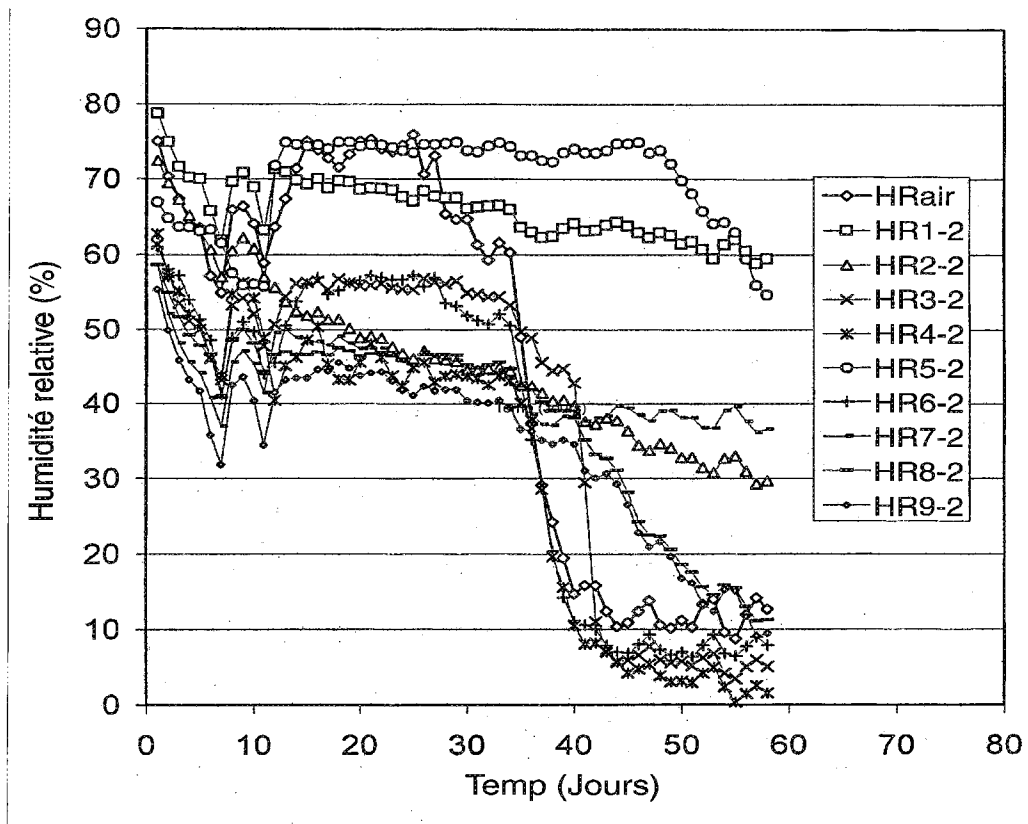


Figure 3 Mesures d'humidité relative sur tous les panneaux, point inférieur – première fuite

Les panneaux 2 et 7, tous les deux à ossature de bois, ont affiché une réaction intermédiaire, l'humidité relative au point inférieur étant baissée à environ 35 % le 60^e jour. La lisse basse du panneau 2 était appuyée sur le plancher de béton et le panneau 7, avec Densglas^{MC} au lieu de plaques de plâtre, ne comportait pas de pare-vapeur externe, mais la lisse basse n'était d'humidité en réagissant au niveau d'humidité ambiante.

Le panneau 3, à ossature d'acier, a réagi rapidement aux fluctuations d'humidité ambiante.

Les niveaux d'humidité à l'intérieur du panneau ont grimpé rapidement en même temps que les niveaux de la pièce, sont demeurés relativement constants lorsque les niveaux de la pièce

étaient élevés, puis ont chuté à nouveau rapidement lorsque les niveaux de la pièce ont baissé. Ce résultat est conséquent puisque les panneaux à ossature d'acier n'absorbent pas beaucoup d'humidité, à moins que l'isolant ne soit mouillé. Lorsqu'il y avait une fuite contrôlée à l'extérieur du pare-vapeur, l'isolant n'était pas censé être mouillé, parce que l'eau coulait entre le pare-vapeur et le mur du sous-sol.

Le panneau 4, un deuxième à ossature d'acier, a donné à peu près les mêmes résultats. La différence entre celui-ci et le panneau précédent était la marge de retrait du mur du sous-sol. Comme dans l'autre cas, l'humidité relative du panneau suivait de près les conditions ambiantes. Lorsque les niveaux d'humidité de la pièce ont été réduits, l'humidité du panneau augmentait rapidement aussi. Signalons que ce panneau comportait aussi un pare-vapeur externe et qu'on ne s'attendait pas à ce que l'isolant devienne mouillé.

Le panneau 6 a réagi très rapidement en teteem avec les conditions ambiantes. Ce panneau de fibre de verre rigide revêtu de vinyle ne semblait pas retenir l'humidité après la fuite initiale, mais semblait plutôt imiter les niveaux d'humidité de la pièce. Ainsi, l'humidité du panneau a baissé rapidement en même temps que ceux de la pièce.

Le panneau 8, identique au panneau 7 sauf pour un pare-vapeur externe, a affiché la réaction prévue à une fuite en dehors du pare-vapeur. Comme l'eau ne pouvait pas pénétrer l'intérieur du panneau, les surfaces n'étaient pas mouillées. Et comme le bois n'a jamais été mouillé, les niveaux d'humidité et les mesures d'humidité du bois reflétaient l'humidité de l'air ambiant. Six semaines après la fuite contrôlée, la teneur en humidité du bois aux deux points de mesure avait baissé à environ 15 %.

Le panneau 9 était identique au panneau 8, sauf qu'il était surélevé du plancher de 19 mm par des blocs de bois. Le pare-vapeur extérieur empêchait l'eau de la fuite de s'infiltrer dans les cavités du panneau, pour ainsi empêcher l'isolant d'être mouillé. Par conséquent, la réaction du panneau était largement fonction des conditions ambiantes.

4.1.1 Mesures d'humidité du bois

La figure 4 indique les mesures d'humidité du bois prises au centre des poteaux à une hauteur de 0,3 m au-dessus du plancher pour les cinq panneaux à ossature de bois. Les panneaux 2 et 7 n'ont pas affiché une importante réduction de teneur en humidité durant les essais. Cette tendance est compatible avec les mesures d'humidité relative prises au même endroit, qui n'ont jamais baissé plus bas que 30 %. Quant aux trois autres panneaux, ils ont séché lorsque l'humidité relative locale baissait.

Comme nous le précisons dans l'introduction, les panneaux ont été retirés périodiquement dans le courant de l'étude et un humidimètre à bois a été utilisé pour connaître la teneur en humidité du bois près du mur de béton. Chaque fois, la teneur en humidité du bois a été mesurée aux points indiqués dans la figure 5. Les résultats des mesures de la première fuite contrôlée sont résumés au tableau 1. Signalons que les mesures ont été prises environ deux mois après le mouillage initial.

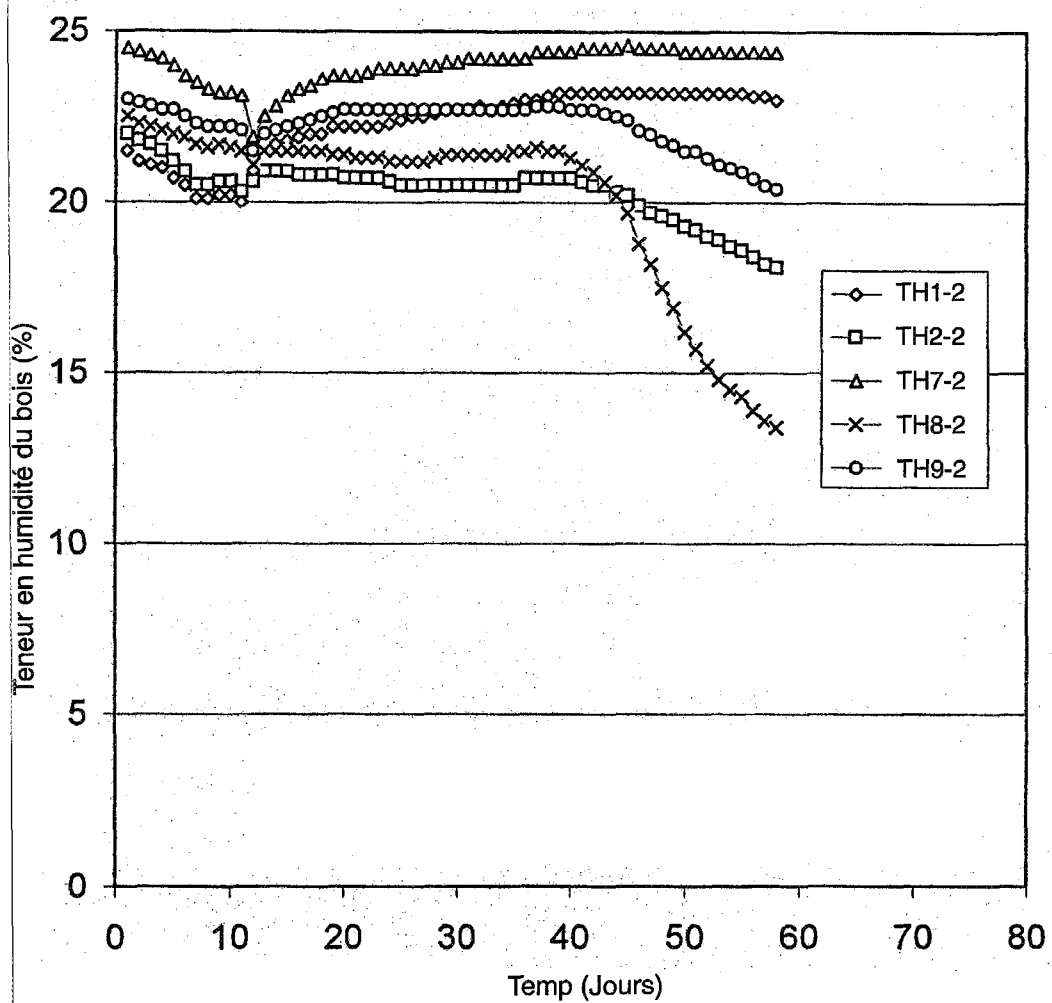


Figure 4 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m – Première fuite

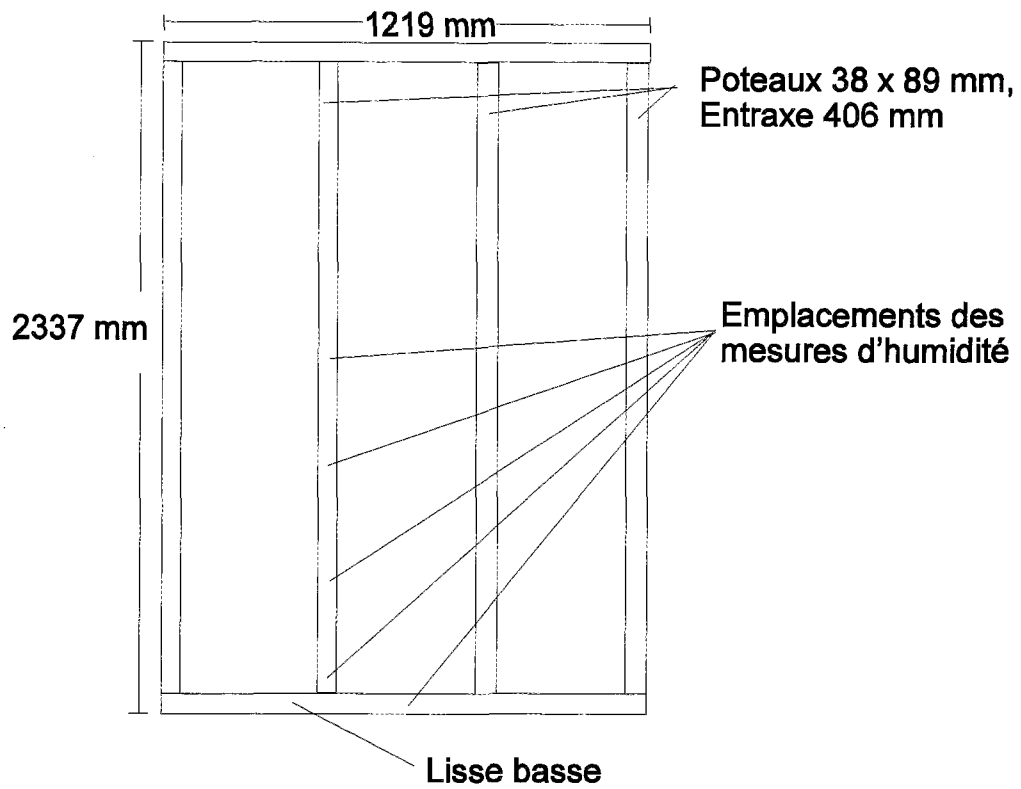


Figure 5 Construction de panneau type à ossature de bois, où sont indiqués les points de mesure de la teneur en humidité

Tableau 1 Mesures d'humidité du bois - décembre 1997

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1-ordinaire	22-24%	20%	16%	12%	12%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	16%	14%	12-14%	14%	14%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	22%	24%	20%	12%	10%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	10%	10%	12%	12%	12%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	16%	14%	12%	14%	12%

L'interprétation du tableau doit être judicieuse. Durant une fuite contrôlée, pour évaluer le potentiel de séchage d'un panneau, il faut a priori que le panneau ait été mouillé à un moment donné. La fuite d'eau se trouvait entre le mur de béton du sous-sol et le dos des panneaux. Certains des panneaux (2, 8 et 9) comportaient une couche de polyéthylène entre l'isolant et le béton. Comme l'emplacement de la fuite était à l'extérieur du poly, l'eau tendait à couler tout simplement le long du plastique ou du mur de béton, puis à sortir du panneau sous la lisse basse. Par contraste, les panneaux 1 et 7 ne comportaient pas de pare-vapeur et l'eau pouvait facilement mouiller l'isolant et les membrures de l'ossature de bois. Comme ces panneaux étaient effectivement mouillés, il n'est pas étonnant que les mesures d'humidité du bois étaient appréciablement plus élevées.

4.2 Fuite contrôlée II

En janvier 1998, les panneaux étaient assez secs pour répéter l'expérience de la fuite contrôlée. Puisque le premier mouillage n'avait pas produit de signes de moisissure, nous avons pensé que le niveau d'humidité devait être plus élevé. Le premier mouillage a eu lieu sur une période de deux jours, à raison de 2-3 litres par jour s'écoulant derrière chaque panneau. Pour le deuxième essai, le taux d'injection d'eau a été maintenu à 2-3 litres par jour, mais la période d'injection a été portée à sept jours pour qu'un total de 14-21 litres s'écoulent derrière chaque panneau. Les fuites contrôlées ont commencé le 26 janvier 1998 et ont pris fin le 2 février 1998. Dans tous les cas, la fuite était évidente sur l'injection comme d'eau coulant sur le plancher du sous-sol sous chaque panneau. Comme auparavant, l'injection d'eau s'est terminée et les panneaux ont pu sécher, dans ce cas pour une période de sept semaines.

La figure 6 montre l'humidité relative mesurée dans chaque panneau au point inférieur, ainsi que la condition ambiante. Signalons que durant toute la période d'essai l'humidité relative de la pièce a été maintenue à très près de 45 %. La figure 7 indique les mesures d'humidité du bois, toujours au point inférieur, dans les cinq panneaux à ossature de bois.

Le bois du panneau 1 était initialement sec (TH de moins de 15 %) et le point médian est resté sec. Au point plus bas, l'eau s'est infiltrée et a mouillé l'isolant et la lisse basse à cause de l'absence d'un pare-vapeur. La teneur en humidité à 0,3 m au-dessus du plancher a rapidement augmenté à plus de 20 % et y est restée durant le reste de l'essai. L'humidité relative au même niveau est passée à 60 % et y est restée aussi durant le reste de l'essai.

Les figures 6 et 7 montrent combien un pare-vapeur extérieur peut empêcher l'eau de s'infiltrer dans le panneau. Parce que l'emplacement de la fuite était en dehors du pare-vapeur, l'eau s'écoulait tout simplement sur le polyéthylène et sous la lisse basse. Dans le panneau 2, la teneur en humidité du bois est demeurée entre 10 et 15 % tout au long de l'essai et l'humidité relative a augmenté lentement par rapport au niveau d'humidité constant de 45 % dans la pièce.

Le panneau 3, ossature d'acier avec pare-vapeur, a affiché des résultats très similaires. Comme le liquide ne peut pénétrer dans le panneau, les niveaux d'humidité n'étaient fonction que des niveaux d'humidité ambiants. L'humidité à l'intérieur du panneau était uniformément plus faible que les niveaux ambiants, résultat auquel il fallait s'attendre parce que la paroi froide du sous-sol provoque un gradient élevé de pression de vapeur entre le dos du Densglas^{MC}/polyéthylène (où se trouvait le détecteur) et le mur de béton.

Les mesures prises sur le panneau 4 indiquent que la marge de retrait de 19 mm entre le panneau et le mur du sous-sol semble créer un gradient de pression de vapeur plus bas entre le pare-vapeur et le pare-humidité, ce qui augmente le couplage du panneau et des conditions ambiantes. Ainsi, l'humidité relative mesurée au dos du Densglas^{MC} était plus élevée que dans le panneau précédent.

L'humidité relative mesurée derrière le panneau de polystyrène extrudé Perimate^{MC} est demeurée constante à plus de 70 % tout au long de l'essai, toujours plus que les niveaux ambiants. Comme dans le premier essai avec la fuite contrôlée, ce matériau imperméable emprisonne l'eau entre le panneau et le mur du sous-sol, ce qui ne favorise pas le séchage.

Le panneau 6, fibre de verre rigide revêtue de vinyle, semblait très peu altéré à l'arrière. Bien que le niveau d'humidité ait augmenté peu de temps après l'injection d'eau, le panneau a réagi en tandem avec le niveau d'humidité ambiant et les mesures plus basses de l'humidité

ambiante indiqueraient que le revêtement de vinyle entrave le transport de la vapeur.

La ligne représentant la réaction du panneau 7 à la figure 6 montre l'efficacité d'un pare-vapeur pour empêcher le liquide d'entrer dans le panneau ou d'en sortir. La teneur en humidité à 0,3 m est demeurée au-dessus de 22 % pendant tout l'essai et n'avait pas tendance à baisser. L'humidité relative à 0,3 m, comme la teneur en humidité, est demeurée constante à 35 % et ne tendait pas à fluctuer en fonction des conditions ambiantes.

La teneur en humidité du panneau 8 à 0,3 m était initialement de moins de 15 %. Après la fuite contrôlée, la teneur en humidité à mi-hauteur a augmenté d'environ 2-3%, vraisemblablement par réaction à l'humidité relative ambiante, têtis que l'humidité à 0,3 m (figure 7) a augmenté davantage, d'environ 5 %. La hausse d'humidité du bois dans la partie inférieure du panneau pourrait être une réaction aux conditions ambiantes ou, plus probablement, au fait que la lisse basse était appuyée sur le sol qui, plus tard, s'est révélé très mouillé.

Le panneau 9, ossature de bois surélevée de 19 mm du plancher, n'a eu aucune réaction à la fuite. Le pare-vapeur externe a empêché l'eau de pénétrer dans le panneau et l'écart de 19 mm a empêché l'absorption de l'eau sur le plancher durant le mouillage. Comme l'indique la figure 7, il y a eu peu de changements dans la teneur en humidité du bois et l'humidité relative a augmenté à mi-hauteur par réaction au niveau de 40 % dans la pièce, pas par réaction à la fuite.

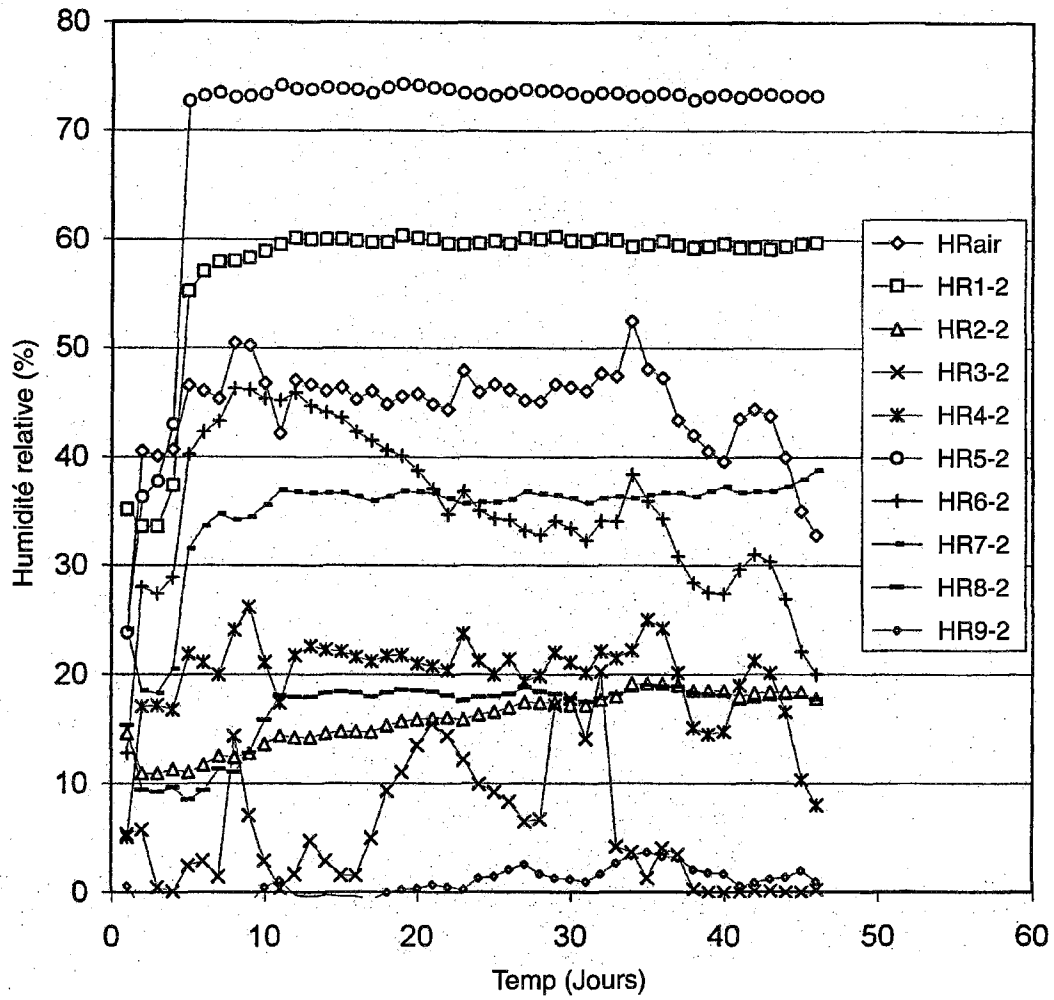


Figure 6 Mesures d'humidité relative à 0,3 m – Deuxième fuite

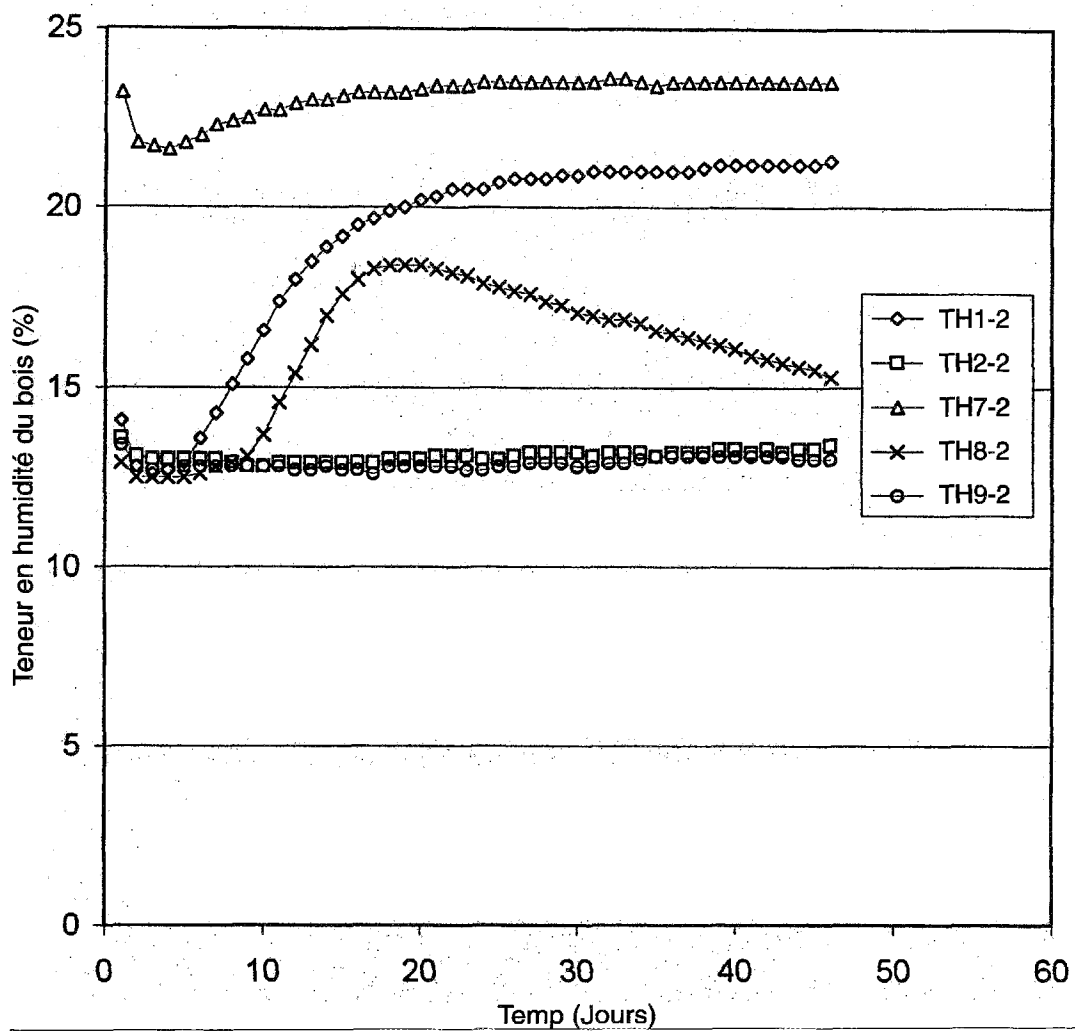


Figure 7 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m – Deuxième fuite

4.2.1 Mesures d'humidité du bois

Après un mois environ, les panneaux ont été retirés de nouveau et d'autres mesures d'humidité du bois ont été prises aux points indiqués à la figure 3. Ces résultats sont récapitulés au tableau 2. La teneur en humidité du bois exposé au sous-sol a aussi été mesurée pour fins de comparaison et une moyenne de 6-8 % a été établie.

Tableau 2 Mesures d'humidité du bois – 25 février 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1 - ordinaire	21-22%	Pas mesuré	16%	16%	14%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	10-12%	10%	Pas mesuré	Pas mesuré	10%
Panneau 7 - Amélioré ordinaire IV	21%	21%	Pas mesuré	18%	16%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	14-16%	14%	Pas mesuré	12%	14%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	10-12%	12%	Pas mesuré	10%	12%

Comme nous l'avons fait remarquer durant la première fuite contrôlée, il faut prendre garde de différencier le potentiel de mouillage et le potentiel de séchage. Les panneaux 2, 8 et 9 comportaient un pare-vapeur externe qui empêche l'eau qui coule de pénétrer à l'intérieur des cavités. Ainsi, comme ils n'ont jamais été mouillés, il va de soi que la teneur en humidité soit inférieure à celle des deux panneaux qui n'avaient rien pour empêcher l'eau d'entrer.

Les observations suivantes ont été faites durant l'examen visuel des panneaux :

Panneau 1 – Il n'y avait aucun signe de moisissure, sauf pour une légère décoloration sur la lisse basse. Les mesures d'humidité prises sur la paroi supérieure de la lisse basse (où il y a contact avec l'isolant) ont indiqué 12-16 %.

Panneau 2 – Le bois semblait sec, comme l'indiquent les mesures d'humidité. Il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 3 – Le panneau semblait sec et aucune moisissure n'est apparue.

Panneau 4 – Un peu d’efflorescence est apparue sur les derniers 450 mm du béton. Les cristaux semblaient emprunter le chemin que l’eau avait pris à partir du joint d’injection jusqu’à l’endroit où elle est sortie sous le panneau. De l’humidité localisée a été observée à la surface du mur de béton. L’isolant de fibre de verre était humide dans les régions supérieures du panneau. Nous pensons que c’était le résultat de la condensation de l’humidité de la pièce, car l’eau a été observée au-dessus du point initial d’injection.

Panneau 5 – Aucune moisissure n’est apparue, bien que le béton sous le panneau à la jonction du plancher et du mur était visiblement mouillé (couleur foncée).

Panneau 6 – Un peu d’efflorescence est apparue près de l’emplacement du détecteur d’humidité dans la partie inférieure de la paroi, suivant la même trajectoire que la fuite semblait avoir emprunté. La paroi antérieure du mur était sèche au toucher.

Panneau 7 – Un peu de décoloration de la lisse basse et des derniers 300 mm du poteau le plus près de l’emplacement de la fuite. Il a été constaté en enlevant la fibre de verre isolante que la décoloration n’était que sur les surfaces faisant face au mur de béton. La teneur en humidité mesurée sur la surface supérieure de la lisse basse, à mi-chemin entre les poteaux, était de 18 %.

Panneau 8 – Même si, comme le montre le tableau 2, le bois du panneau était raisonnablement sec, une grete partie du mur de béton était mouillée (environ 1 m de diamètre) où le polyéthylène et le béton avaient été en contact.

Panneau 9 – Ce panneau semblait sec également, mais comme dans le cas précédent, une vaste partie du béton était mouillée au toucher et des gouttelettes ont été observées sur le polyéthylène face au béton. La partie mouillée couvrait la cavité centrale du poteau, du poteau jusqu’à la hauteur approximative de la fuite contrôlée.

4.3 Inondation de sous-sol

Avant d'entreprendre l'expérience de l'inondation du sous-sol, un dixième panneau a été ajouté. Le panneau était fait d'un cadre de 38 mm x 89 mm avec une isolation d'environ 50 mm de polyuréthane vaporisée. L'isolant était recouvert d'une feuille de 0,15 mm (six mil) de polyéthylène et de Densglas Gold^{MC}. Les instruments ont mesuré l'humidité du bois à deux endroits et la température aux mêmes points.

L'eau, obtenue du service municipal d'Edmonton, a été transportée par camion et pompée dans le sous-sol à une profondeur d'environ 100 mm le 27 avril 1998. L'eau y resterait pendant cinq jours, puis elle serait extraite par pompage. Au cours des cinq jours, la majeure partie de l'eau s'est écoulée par le puisard et les tuyaux de drainage, puis le reste a été pompé le cinquième jour. Ce n'était pas le résultat escompté, car le code du bâtiment de l'Alberta exige que des tuyaux de drainage soient placés au niveau de la semelle et raccordés à un puisard renfermant une pompe submergée. Toute l'eau qui s'accumule près de la semelle est pompée loin de la maison. Bien que l'eau n'ait pas été pompée au loin dans ce cas, rien n'empêchait l'eau d'être drainée à travers le puisard et les tuyaux de drainage jusque dans le sol environnant. À la fin de la période de saturation, les fenêtres du bâtiment ont été ouvertes pour accélérer le séchage et le ventilateur du système de chauffage fonctionnait de manière continue pour favoriser la circulation de l'air dans l'espace. L'humidité relative dans le sous-sol durant l'inondation était de 80-90 %, puis elle est passée à 70 % peu de temps après que l'eau en surface ait été enlevée du plancher de béton. L'ouverture des portes et fenêtres a fait chuter l'humidité relative à entre 50 et 60 % jusqu'au début mai, alors que les précipitations ont fait monter l'humidité relative ambiante à plus de 70 %. Les panneaux ont été laissés au cours de la période estivale jusqu'à l'automne, lorsque l'humidité relative ambiante est tombée à des niveaux qui ont favorisé le séchage de la structure.

4.3.1 Humidité relative et teneur en humidité du bois des panneaux

Les figures 8 et 9 montrent l'humidité relative et la teneur en humidité du bois des panneaux (panneaux à ossature de bois seulement) à une hauteur de 0,3 m, sur toute la période d'essai de 200 jours. L'humidité relative à mi-hauteur et la teneur en humidité ont affiché une réaction beaucoup moins prononcée (voir Annexe).

À trois reprises au cours de la période de 200 jours, les panneaux ont été retirés, la teneur en humidité mesurée à la main et les panneaux examinés. Ces résultats sont commentés à la section suivante. L'écart important des données entre le 100^e et le 140^e jour est attribuable à l'arrêt du matériel informatique au milieu de l'été. L'inondation a eu lieu entre le 5^e et le 10^e jour dans la figure.

Les mesures prises sur le panneau 1, ossature de bois sans pare-vapeur extérieur de polyéthylène, indiquent qu'immédiatement après l'inondation, l'humidité relative aux deux endroits dans le panneau était à peu près la même, entre 60 et 70 %. Les niveaux sont demeurés élevés jusqu'au milieu de l'été (120 et 130^e jour), puis l'humidité dans la partie supérieure s'est mise à baisser en tandem avec l'humidité relative ambiante. Celle de la partie inférieure du panneau est demeurée élevée tout au long de la période d'essai, et elle dépassait encore 60 % 200 jours plus tard. De même, la teneur en humidité du bois dans la partie inférieure (0,3 au-dessus du plancher) a vite grimpé à près de 40 %, et même après 200 jours elle se situait toujours entre 25 et 30 %.

La seule différence entre le panneau 2 et le panneau précédent a été l'ajout d'une feuille de polyéthylène au dos du panneau, entre l'isolant et le béton. Le pare-vapeur extérieur semblait être bénéfique, car il a empêché l'infiltration d'eau dans le panneau; à preuve la rapidité avec laquelle la teneur en humidité du bois a augmenté dans la partie inférieure, pour atteindre une crête environ 10 jours plus tard que le premier panneau, à un maximum de plus de 30 %. La teneur en humidité finale à 0,3 m était plus basse également; quelque 20 % après 200 jours.

Les résultats obtenus pour le panneau à poteaux d'acier surélevés de 19 mm au-dessus du plancher du sous-sol et un pare-vapeur externe, le panneau 3, indiquent que durant la période initiale après l'inondation, l'humidité relative du panneau a monté de plus de 50 % et semblait emboîter le pas à l'humidité relative ambiante. Il fallait s'y attendre étant donné qu'une construction à ossature d'acier n'emmagasine pas l'humidité, sauf dans l'isolation mouillée. Au cours de l'été, les panneaux ont séché et durant les deux derniers mois de la période d'essai, l'humidité relative était constamment en deça de l'humidité de la pièce.

Le panneau 4, le deuxième panneau à poteaux d'acier, a réagi de façon similaire. La seule différence entre celui-ci et le panneau précédent était que, en plus de le surélever, le panneau était éloigné du mur du sous-sol de 19 mm. L'humidité relative initiale était plus basse, ayant atteint une crête de 50 %, puis elle est tombée en suivant l'humidité relative ambiante. Au cours de l'été, ce panneau a séché comme le précédent, l'humidité relative intérieure étant constante à un niveau plus bas que celui de la pièce.

La figure 8 montre aussi les résultats obtenus pour le panneau de polystyrène extrudé. Il est intéressant que l'humidité relative ait augmenté très rapidement à plus de 70 % après l'inondation et, comme le matériau est imperméable, elle est restée très élevée pendant plus de 3 mois. Les mesures prises dans la partie inférieure sont demeurées élevées à partir du début, et elles étaient toujours à plus de 50 % 200 jours après l'inondation. Bien que l'humidité relative ait baissé en fonction de la baisse de l'humidité relative ambiante au cours des deux derniers mois et demi, les résultats font ressortir que l'extraction de l'humidité emprisonnée derrière une barrière imperméable est un processus très long.

Les mesures obtenues pour un assemblage mural constitué par de la fibre de verre rigide et un revêtement de vinyle préfini, fabriqué par Owens Corning, ont montré que l'humidité relative a fait une pointe à plus de 50 %, puis a chuté, par réaction aux fluctuations dans la pièce, à 10-20 % sous les conditions ambiantes. La réaction en tetem avec la pièce indique que les effets d'une fuite ou d'une inondation pourraient être corrigés rapidement en réduisant l'humidité relative ambiante par la ventilation. La réaction rapide indique aussi que le matériau du matériel ne retient pas beaucoup d'humidité et semble se drainer vite après le mouillage. Cette action signifie que le matériau n'est pas une "source" importante d'humidité, comme il a été observé dans les deux premiers panneaux à ossature de bois.

Les mesures prises dans le panneau 7 à ossature de bois avec poly devant et sur les côtés sont indiquées également aux figures 7 et 8. Il est similaire aux panneaux 1 et 2, sauf sous deux angles : du Densglas^{MC} a été substitué aux plaques de plâtre ordinaires et le panneau a été surélevé de 19 mm du plancher au moyen de cales de bois. L'humidité relative initiale est montée à entre 50 et 60 % peu de temps après l'inondation et a subséquemment suivi l'humidité relative ambiante.

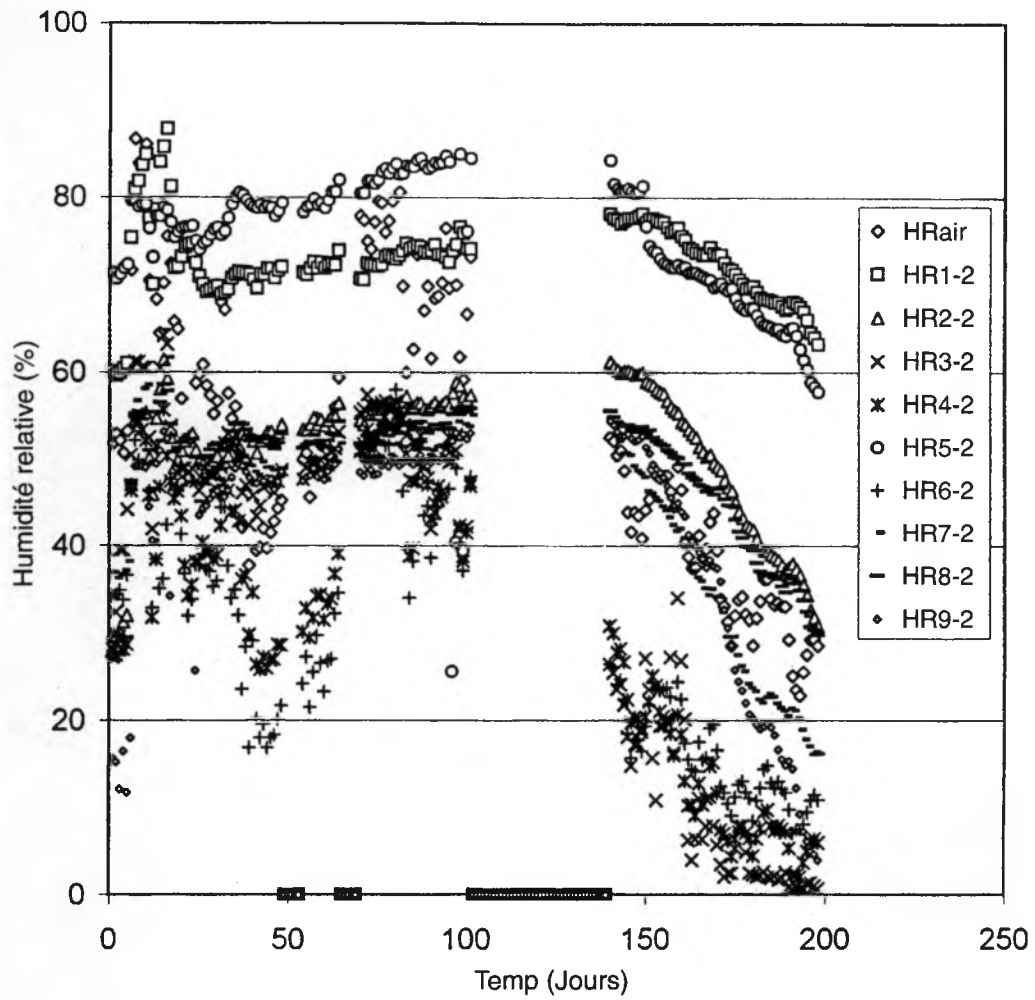


Figure 8 Mesures d'humidité relative à 0,3 m - Inondation

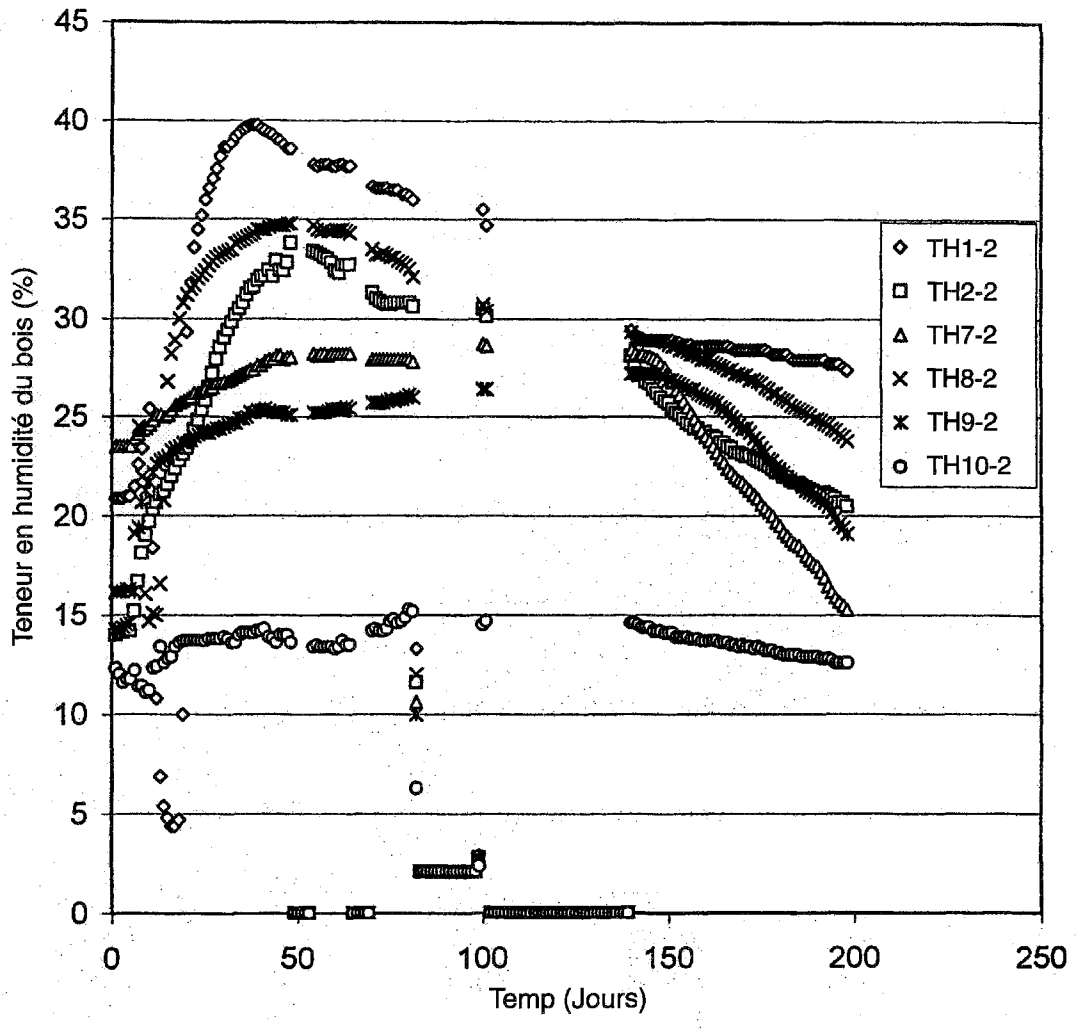


Figure 9 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Inondation

L'humidité relative intérieure est demeurée élevée au cours des 120 premiers jours, et elle n'a pas baissé jusqu'à ce que l'humidité ambiante soit tombée le 140^e jour dans la figure. La teneur en humidité de la partie inférieure du panneau est demeurée au-dessus de 25 % pour plus de 150 jours, ce qui indique que le bois était une "source" appréciable d'eau. La teneur en humidité du bois à 0,3 m a baissé d'environ 15 % après 200 jours.

Le panneau 8 est similaire aux panneaux 2 et 7 du fait qu'il comportait une ossature de bois et une feuille de polyéthylène des deux côtés de l'isolation. Il différait du panneau 7 parce que la lisse basse était assise directement sur le plancher de béton. La réaction des panneaux était similaire à celle du panneau 7 du fait que les niveaux initiaux d'humidité relative étaient de 50-60 % et reflétaient l'humidité ambiante. Les mesures initiales de la teneur en humidité du bois étaient similaires, ayant atteint un maximum de près de 35 % à 0,3 m et baissé très lentement avec le temps. Le niveau d'humidité du bois à mi-hauteur à la fin de la période d'essai de 200 jours était presque identique à celui du panneau 5, soit 15 %, et la teneur en humidité du bois à 0,3 m, près de 25 %, était sensiblement plus élevée. Il semblerait qu'une lisse basse installée sur le plancher de béton inhibe considérablement l'extraction de l'humidité. Nous en avons eu la preuve lors d'une inspection visuelle le 200^e jour : il y avait de l'eau à l'état liquide sous la lisse, entre le bois et le polyéthylène.

La construction des panneaux 9 et 7 était identique sauf que le panneau 9 avait une distance de 19 mm du mur, en plus d'être surélevé du plancher de 19 mm comme l'autre. La réaction du panneau était extrêmement proche de celle du panneau 7, ce qui indique qu'il y a très peu d'avantage à reculer le panneau du mur de béton du sous-sol. La teneur en humidité finale à une hauteur de 0,3 m au-dessus du plancher était légèrement plus élevée, 18 % par opposition à 15 % dans le panneau 7. La teneur en humidité à mi-hauteur dans les deux panneaux était presque identique.

Le panneau 10 présentait la particularité que la mousse de polyuréthane vaporisée lie les membrures au mur de béton. Il en résulte qu'il est impossible d'enlever l'isolant pour une inspection. Les sondes d'humidimètre, situées à 0,3 m et à mi-hauteur, ont été installées avant la pose de l'isolant et les deux sondes et les côtés des poteaux ont été recouverts durant la vaporisation de l'isolant, sous une membrane apparemment imperméable. Ceci limite le nombre de chemins que peut emprunter la vapeur d'eau pour pénétrer dans le bois. Parce que les côtés des poteaux sont scellés, la vapeur d'eau doit s'infiltrer par le côté du poteau qui fait face à la pièce, ou encore le côté contigu au mur du sous-sol. Il était prévu que ceci introduirait un décalage dans la réaction du bois aux fluctuations des conditions. Ce décalage est évident dans la figure 9 où l'on voit que la teneur en humidité du bois monte lentement par réaction à l'inondation. De même, la baisse de la teneur en humidité pendant que sèche le sous-sol est également lente, parce que l'humidité ne peut migrer que par une surface limitée de bois découvert. Il a été intéressant de voir durant l'inspection que les panneaux n'affichaient presque aucun signe de saturation.

La figure 10 présente une série de mesures types de température dans le panneau 1. La température de l'air ambiant était constante à 21°C tout au long de l'étude et les températures à l'intérieur du panneau ont changé en fonction des conditions ambiantes. Les températures mesurées durant la période d'essai indiquent l'écart probable étant donné que l'essai allait du mois d'avril au mois de novembre. Dans cette figure, les températures 1 et 2 ont été mesurées à la surface du béton à mi-hauteur et à 0,3 m respectivement. Les températures 3 et 4 ont été mesurées aux mêmes endroits que les détecteurs d'humidité relative; les températures 5 et 6 ont été

mesurées aux points où se trouvaient les sondes d'humidimètre à bois. Les températures des autres panneaux étaient presque identiques parce que tous les autres assemblages muraux avaient à peu près la même résistance thermique.

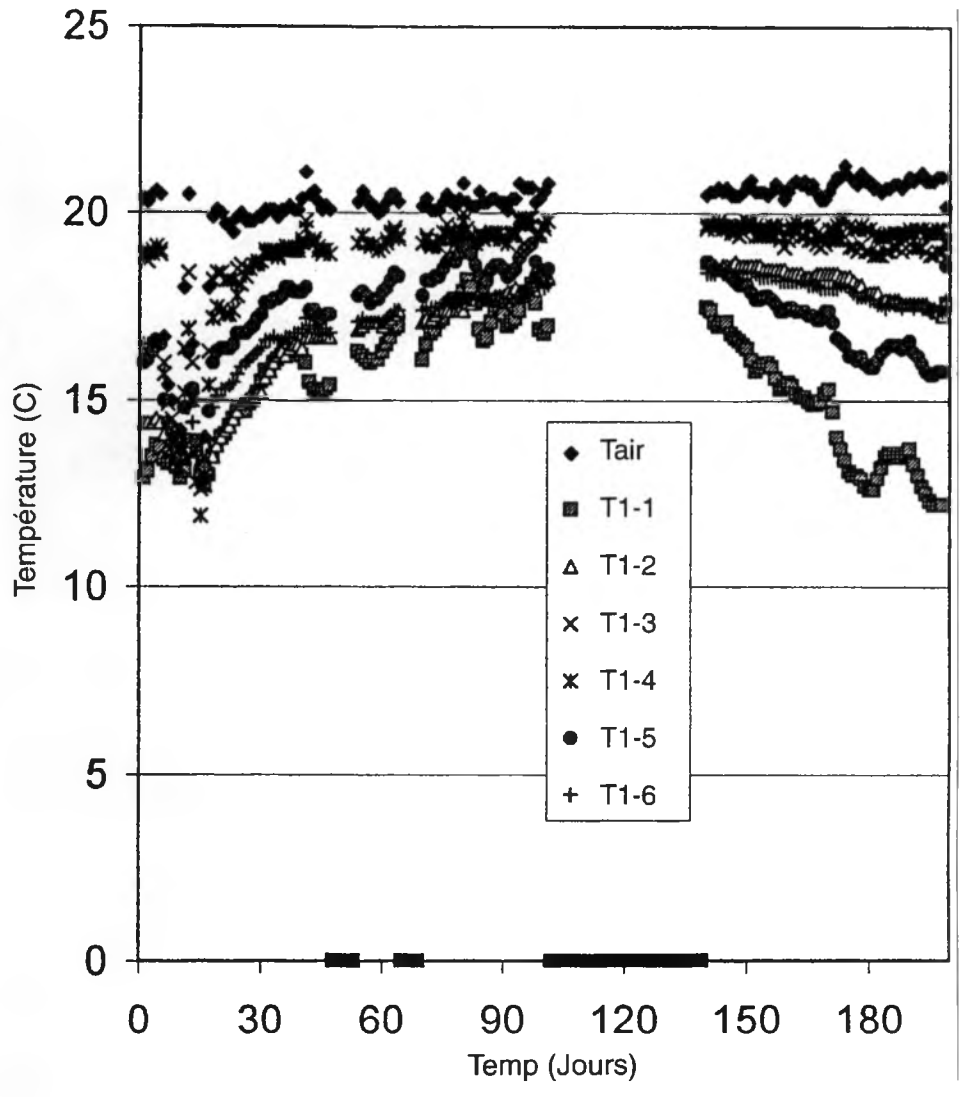


Figure 10 Températures mesurées dans le panneau 1, avril à novembre

4.3.2 Inspection visuelle des panneaux et mesures manuelles de la teneur en humidité du bois

Pour faciliter le mesurage de la teneur en humidité du bois et l'observation des panneaux, ces derniers ont été retirés à trois reprises durant l'étude : le 2 juin, le 22 juillet et le 6 novembre 1998. Les résultats des mesures d'humidité se trouvent aux tableaux 3, 4 et 5. Les observations correspondant à chacune des dates sont au bas des tableaux.

Tableau 3 Mesures d'humidité du bois – 2 juin 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1 - ordinaire	>30%	>30%	22%	22%	Pas mesuré
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	>30%	>30%	22%	22%	Pas mesuré
Panneau 7 - Amélioré ordinaire IV	>30%	30%	22%	22%	14%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	>30%	20%	14%	14%	Pas mesuré
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	>30%	24%	14%	13%	Pas mesuré
Panneau 10 – Mur breveté III	12%	12%	10%	Pas mesuré	Pas mesuré

Observations:

Avant d'enlever les panneaux, la teneur en humidité des poteaux découverts dans la pièce a été mesurée à une hauteur de 1,5 m. La teneur moyenne était de 10-12 %.

Panneau 1 – La lisse basse semblait saturée (teneur trop élevée pour lecture) sur toute la largeur. L'isolant était mouillé jusqu'à la marque d'eau haute ~100 mm.

Panneau 2 – La lisse basse affichait une teneur en humidité inégale, mais paraissait largement saturée. L'isolant était mouillé jusqu'à 100 mm+.

Panneau 3 – La fibre de verre isolante était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm+ du plancher. L'isolant dans le profilé inférieur des poteaux d'acier était saturé.

Panneau 4 – L'isolant en fibre de verre était mouillé jusqu'à une hauteur de 100-150 mm du plancher. L'isolant dans le profilé inférieur des poteaux d'acier était saturé.

Panneau 5 – Parce que l'isolant de polystyrène est imperméable à l'humidité, aucun signe d'inondation n'était visible. Le mur et le plancher de béton étaient humides (foncés) sur 75-100 mm en montant sur le mur et à partir du plancher.

Panneau 6 – La fibre de verre dans ce panneau ne semblait pas avoir autant d'action capillaire sur l'humidité que les nattes isolantes en fibre de verre. Les derniers 25 mm du panneau étaient mouillés. Signalons que le panneau n'a jamais été mouillé jusqu'au niveau de 100 mm, car l'isolant a été posé à ~50mm au-dessus du plancher de béton, afin qu'il y ait suffisamment d'espace pour le profilé de finition auquel la moulure du plancher est fixée.

Panneau 7 – La lisse basse et la partie inférieure du mur du sous-sol étaient visiblement mouillées. Celle qui faisait face au mur semblait avoir un peu fonci. La fibre de verre isolante était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm.

Panneau 8 – L'isolant était mouillé jusqu'à une hauteur de 150 mm. Le mur du sous-sol près du plancher semblait un peu moins mouillé que les autres panneaux. La ligne d'eau n'était pas aussi facile à distinguer, ce qui indiquerait qu'il y avait du séchage ou que la région n'avait jamais été aussi mouillée (improbable car rien n'empêchait l'eau d'atteindre cette région).

Panneau 9 – L'isolant était détrempé le long de la lisse basse et la cavité du milieu était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm.

Panneau 10 – Outre la marque d'eau haute sur le Densglas^{MC}, il n'y avait aucun signe que le panneau avait été saturé.

Tableau 4 Mesures de teneur en humidité du bois – 22 juillet 1998

	Lisse basse	Poteau (Lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1 - ordinaire	>30%	22%	16%	14%	13%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	26%	>30%	16%	14%	14%
Panneau 7 - Amélioré ordinaire IV	26%	24%	20%	16%	14%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	>30%	>20%	16%	14%	14%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	>30%	20%	15%	15%	12%
Panneau 10 – Mur breveté III	Pas mesuré	12%	Pas mesuré	10%	Pas mesuré

Observations:

Panneau 1 – La lisse basse du panneau était encore mouillée, de même que l’isolant, au point de contact avec la surface supérieure de la lisse. Elle était spongieuse au toucher, bien qu’aucune mesure quantitative n’ait été prise. Il y avait un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse au point de contact avec l’isolant.

Panneau 2 – La lisse basse et la cavité centrale paraissaient encore mouillées. La surface supérieure de la lisse, au point de contact avec l’isolant, était foncée par endroits.

Panneau 3 – Le séchage de ce panneau n’était pas uniforme en ce sens que la cavité semblait sèche, alors que l’isolant dans la cavité du poteau extérieur était encore suffisamment mouillé pour laisser des marques d’humidité sur le mur de béton.

Panneau 4 – Ce panneau semblait indiquer que le séchage progressait des cavités de poteaux extérieurs vers le centre. L’isolant de la cavité centrale était encore imbibé d’eau près du plancher.

Panneau 5 – Pas retiré

Panneau 6 – Pas retiré

Panneau 7 – L'isolant dans le poteau du centre était encore imbibé d'eau au fond. L'isolant dans les deux espaces des poteaux extérieurs était mouillé mais pas détrempe. Un peu de noirci a été observé sur la surface supérieure de la lisse dans la cavité centrale des poteaux.

Panneau 8 – Le plancher de béton était encore très mouillé sous la lisse basse. L'isolant était encore mouillé dans les trois espaces entre les poteaux. La lisse basse semblait mouillée.

Panneau 9 – La lisse basse semblait mouillée et l'isolant était visiblement mouillé au fond de chaque espace entre les poteaux.

Panneau 10 – Aucun changement depuis l'examen précédent – le panneau semblait sec.

Tableau 5 Mesures d'humidité du bois – 6 novembre 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	20-22%	Pas mesuré	14%	12-14%	10-12%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	18-20%	14%	10-12%	10-12%	12%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	10%	10%	8%	8-10%	10%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	16%	16%	12%	10%	8-10%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	12%	12%	8-10%	8-10%	Pas mesuré
Panneau 10 – Mur breveté III	Pas mesuré - Panneau laissé ouvert depuis le dernier examen				

Nota : La teneur en humidité moyenne du bois découvert dans le sous-sol était de 6-8 %.

Observations:

Panneau 1- Aucun signe de moisissure. Toutes les surfaces de bois étaient sèches au toucher.

Panneau 2 – La surface supérieure de la lisse basse (au point de contact avec l'isolant) était foncée.

Panneau 3 – L'isolant dans le panneau semblait sec et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 4 - Le panneau semblait sec et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 5 – Le plancher sous l'isolant de polystyrène semblait toujours humide (foncé) mais il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 6 – Le dos du panneau et le mur semblaient secs.

Panneau 7 – L'isolant et la lisse basse semblaient secs et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 8 – De l'eau à l'état liquide a été observée sous la lisse basse à la jonction de la feuille de polyéthylène, entre la lisse et le plancher de béton. Comme l'isolant qui touchait à la lisse basse

était coincé, il a fallu l'arracher. Il y avait un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse. Les câbles d'instruments nous ont empêché de poser le panneau à plat par terre et il a été impossible d'examiner le dessous de la lisse.

Panneau 9 – Le panneau était sec, bien qu'il y ait eu un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse. L'isolant coincé dans la lisse a dû être arraché pour l'examen à vue.

5. Conclusions

Une étude de dix-huit mois sur l'atténuation des problèmes liés au mouillage chronique des assemblages muraux de sous-sol a été réalisée au Alberta Home Heating Research Facility. Dix types de panneaux muraux ont été utilisés à cette fin. Différents types de murs ont été utilisés, à savoir des assemblages à ossature de bois, à ossature d'acier et des produits brevetés tels que du polystyrène extrudé, de la fibre de verre rigide et de la polyuréthane vaporisée. L'application de pare-vapeurs externes dans les constructions classiques à ossature de bois a été examinée pour déterminer la mesure dans laquelle ils sont capables de résister à la vapeur d'eau dans l'éventualité d'une fuite extérieure. Neuf des dix assemblages ont été assujettis à une fuite contrôlée comme celles qui se produisent dans les murs de sous-sol. Le processus a été répété deux fois, puis nous avons laissé les panneaux sécher après chaque fuite contrôlée. Après tous les examens de fuites contrôlées, les dix assemblages ont subi une inondation simulée de sous-sol et observés pendant une longue période pour déterminer quelles techniques de construction séchaient le mieux. Les mesures d'humidité relative et de teneur en humidité du bois ont fait ressortir plusieurs constatations intéressantes.

1. Les assemblages dotés d'un pare-vapeur externe, dont la résistance à l'humidité est intrinsèque (comme le polystyrène extrudé) étaient les plus efficaces dans le cas d'une fuite contrôlée. L'eau fuyant à l'extérieur du pare-vapeur a simplement coulé en bas du mur, sous la lisse basse et sur le plancher du sous-sol. Il semble que le fait de surélever légèrement l'ossature sur le plancher a réduit la quantité de vapeur d'eau absorbée par la lisse basse et laissé l'humidité s'échapper de derrière le panneau plus facilement.
2. Les panneaux sans pare-vapeur externe ont été mouillés par la fuite contrôlée et mis beaucoup de temps à sécher. Le bois mouillé est devenu une source d'humidité, de sorte que l'humidité relative intérieure était plus élevée que dans un panneau comparable à ossature d'acier.
3. Les deux assemblages brevetés qui ont été testés, le polystyrène extrudé et la fibre de verre rigide, ont rejeté la vapeur d'eau de la fuite contrôlée. Il n'y a eu aucune manifestation de moisissure ou de champignons au cours de l'étude.
4. Les panneaux d'essai à ossature de bois dotés d'un pare-vapeur externe n'ont pas été aussi performants durant l'inondation simulée de sous-sol. L'eau s'est infiltrée dans les panneaux et, comme ces derniers étaient entourés d'une barrière imperméable, ils sont restés mouillés longtemps.

5. Les assemblages muraux brevetés ont été beaucoup plus performants que les autres durant l'inondation. Soit que le drainage a été très rapide (fibre de verre rigide), soit qu'ils n'ont pas absorbé beaucoup de vapeur d'eau initialement (polystyrène extrudé et polyuréthane vaporisée).

Annexe I

On trouvera dans cette annexe les schémas de mesurage de l'humidité relative et de la teneur en humidité pour tous les panneaux à mi-hauteur. Comme prévu, la réaction à environ 1,2 m au-dessus du plancher était sensiblement moins prononcée qu'au point inférieur (0,3 m au-dessus du plancher). Les figures ne nécessitent pas d'explication et sont présentées à titre de complément d'information.

Liste des figures

Figure A1 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – première fuite

Figure A2 Teneur en humidité à mi-hauteur – première fuite

Figure A3 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – seconde fuite

Figure A4 Teneur en humidité à mi-hauteur – seconde fuite

Figure A5 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – inondation

Figure A6 Teneur en humidité à mi-hauteur – inondation

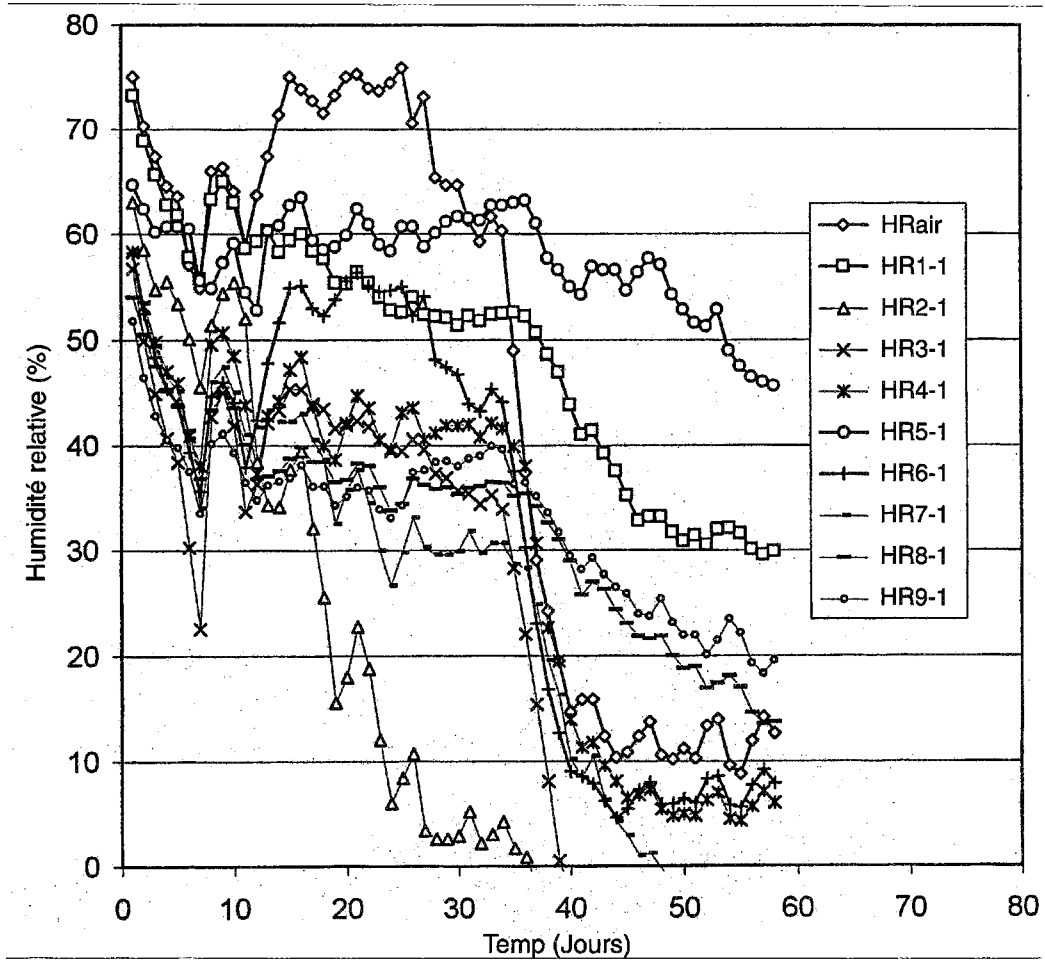


Figure A1 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – première fuite

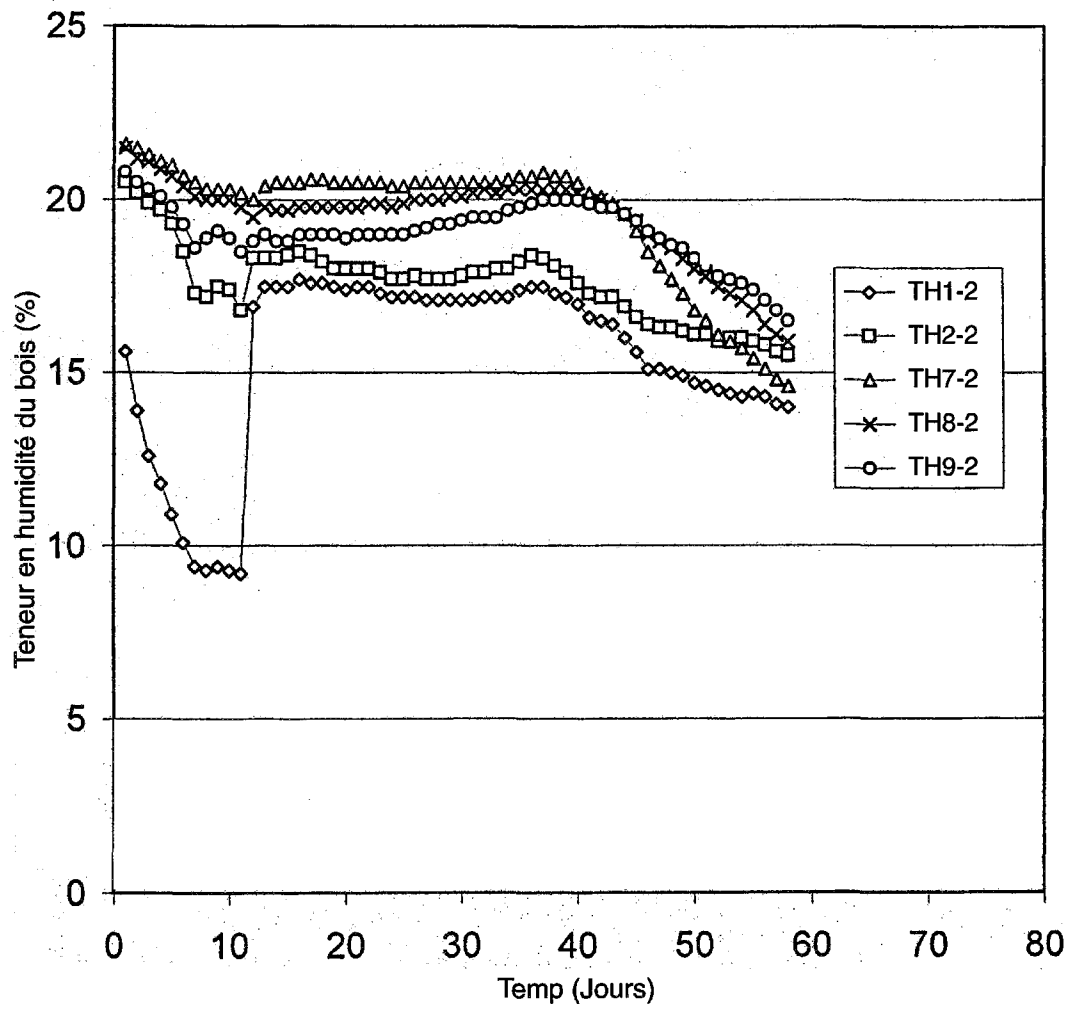


Figure A2 Teneur en humidité à mi-hauteur – première fuite

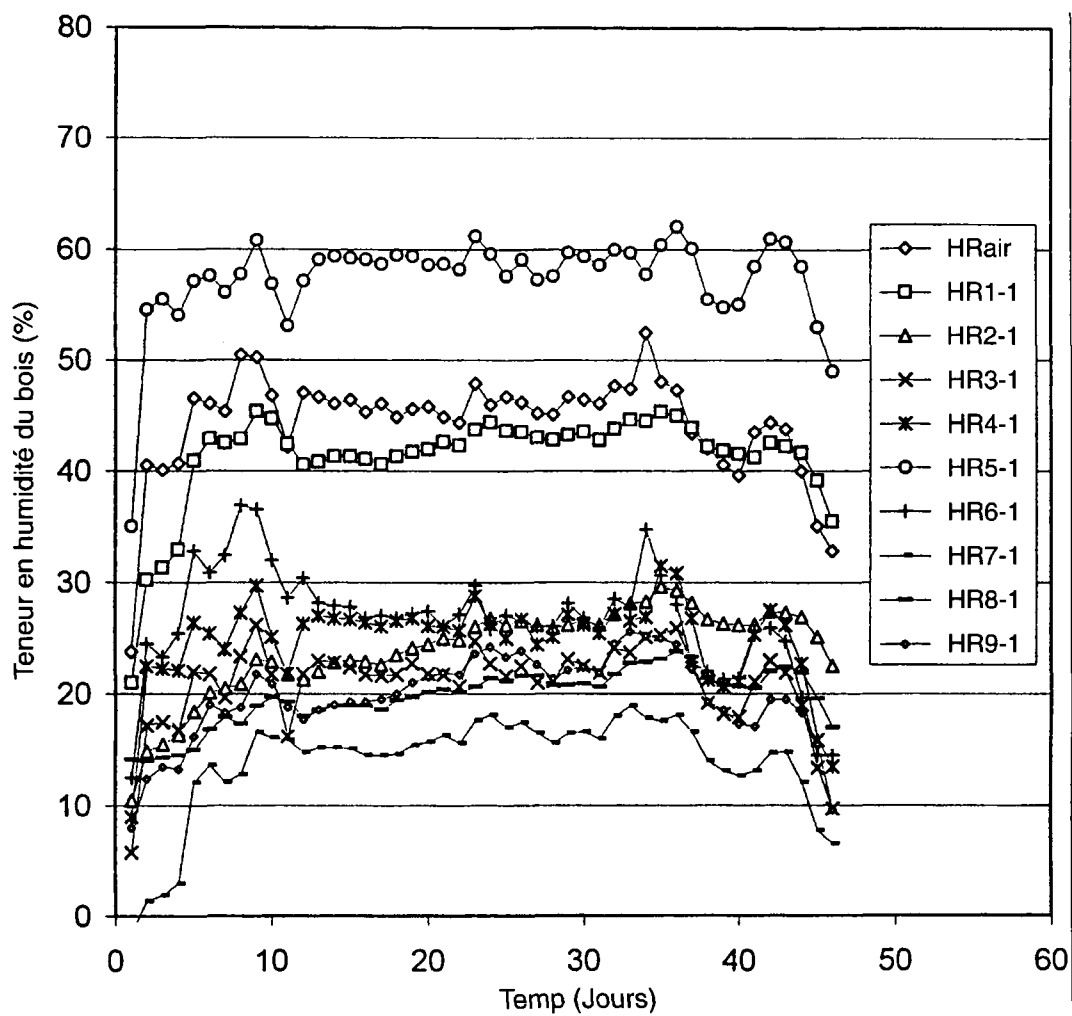


Figure A3 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – seconde fuite

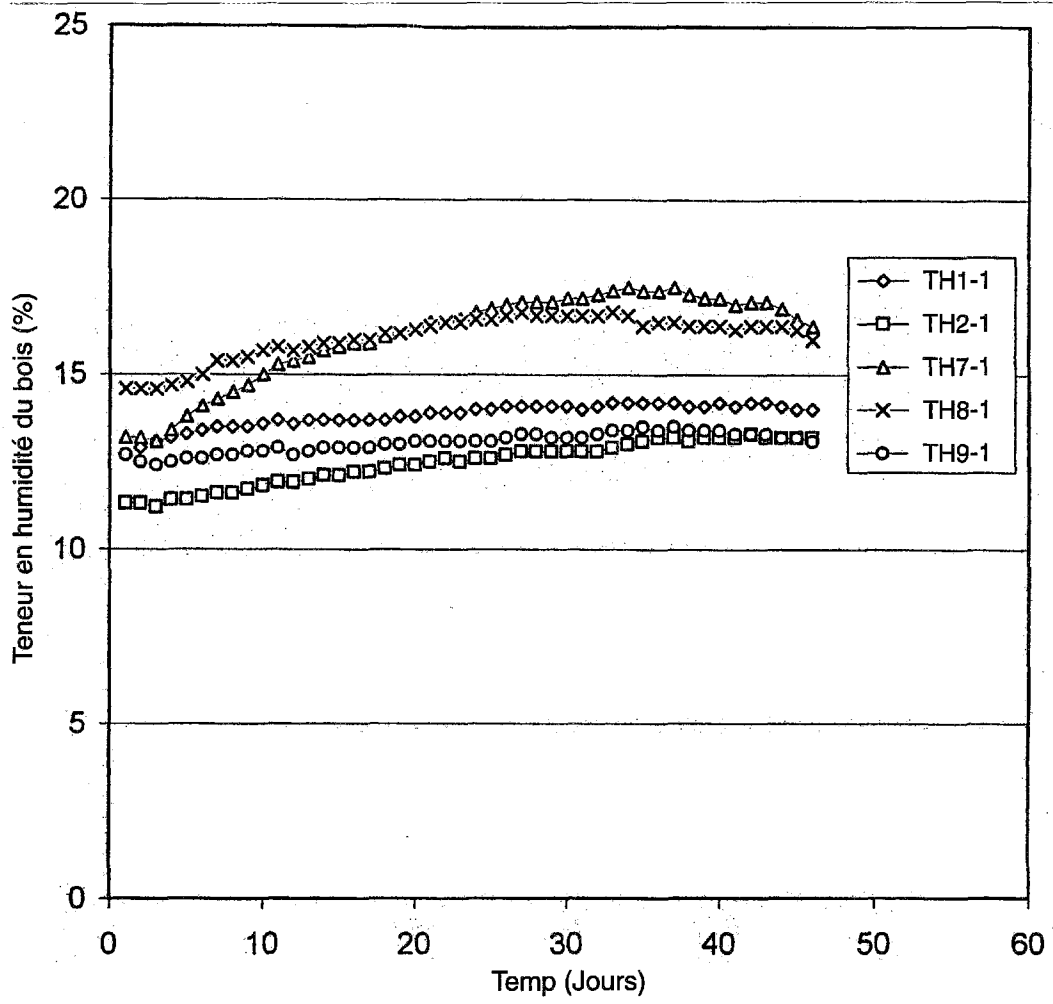


Figure A4 Teneur en humidité à mi-hauteur – seconde fuite

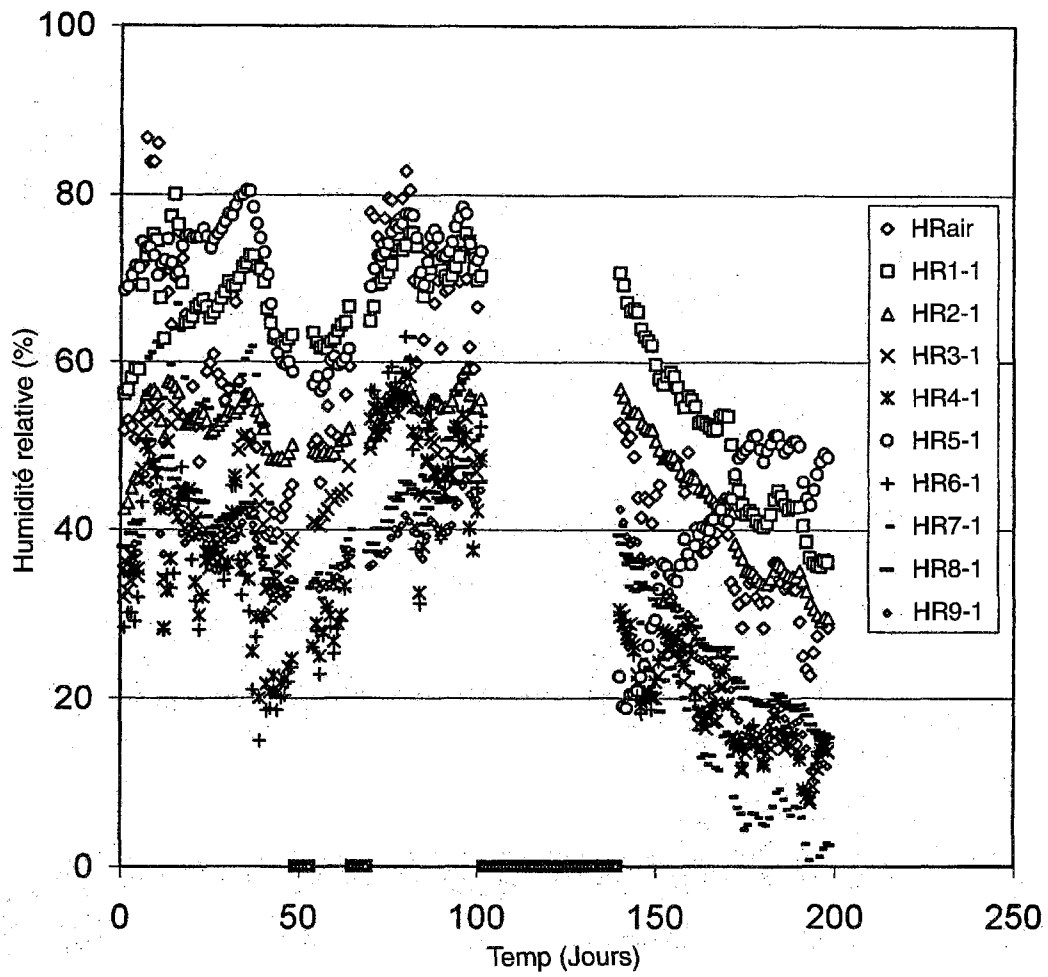


Figure A5 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – inondation

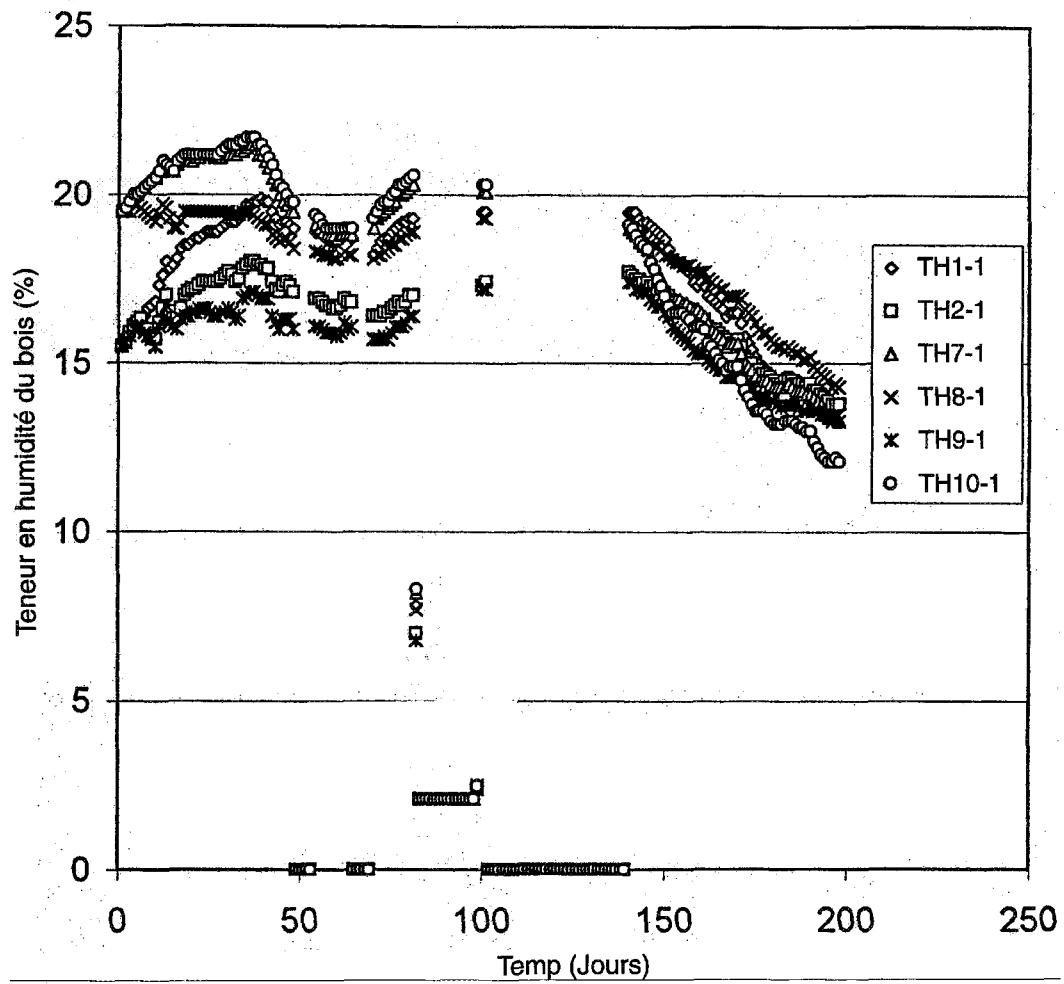


Figure A6 Teneur en humidité à mi-hauteur – inondation