Le point en recherche et développement

96-206 Série technique

Étude hygrométrique des bottes de paille

Introduction

On ne trouve pas beaucoup de maisons aux murs isolés avec des bottes de paille, mais bien des gens se montrent intéressées par ce type d'habitation, particulièrement dans les zones rurales. Les principaux avantages sont la facilité de construction, le degré élevé d'isolation thermique et les avantages écologiques qu'offre le recyclage d'un déchet agricole en matériau de construction. C'est aux États-Unis qu'on a vu ces dernières années la plupart des constructions au moyen de bottes de paille, dans le climat aride et tempéré du Sud-ouest. Ces habitations ont eu peu de problèmes d'humidité, mais on ne sait pas exactement à l'heure actuelle si ce genre de construction donnerait d'aussi bons résultats dans des régions où l'hiver est long. On s'inquiète en général des possibilités de mouvement et d'accumulation de vapeur d'eau dans les cavités bourrées de paille. L'humidité s'accumule aussi dans les murs d'habitations dotées d'autres types d'isolant, mais nous connaissons bien le comportement de l'humidité dans ces situations.

Si on pouvait mettre au point un contrôleur d'humidité bon marché, les propriétaires des maisons aux murs isolés à la paille pourraient facilement eux-mêmes mesurer la performance de l'humidité. Plus il y aura d'habitations de ce genre, mieux nous serons renseignés sur leur performance par temps froid. Si les murs isolés à la paille se comportent bien, leur construction pourrait être encouragée. Si l'humidité devenait problématique, nous pourrions chercher des solutions.

Programme de recherche

L'étude portait sur des méthodes de détection à déploiement facile pour mesurer la teneur en humidité des bottes de paille. Les instruments examinés comptaient des détecteurs électroniques, des blocs de bois, des jauges mécaniques à humidité et ainsi de suite, utilisés avec une procedure simple de pesage. Les appareils ont été placés dans des moitiés de bottes tempérées à différents niveaux d'humidité relative, puis déposés dans des sacs de plastique pour que la paille et les détecteurs s'équilibrent. La quantité de vapeur d'eau dans la paille a été testée au moyen d'échantillons de paille séchés au fourjusqu'à l'état d'équilibre, en comparant la déperdition de poids durant le séchage. Les niveaux hygrométriques ont été vérifiés en regard d'un thermohygromètre ilanna *8564* calibré contre du NaCl *(75,4%* IIR) et du LiCl (11,1% HIR). Une capacitance de lecture d'un contrôleur universel (précision de 1 pF pour le détecteur capacitit) ou un capacimètre ont été utilisés pour le mesurage.

Constations

Nous avons commencé par évaluer les détecteurs électroniques bon marché qui sont couramment utilisés dans beaucoup de contrôleurs d'humidité relative et des contextes commerciaux. Nous voulions savoir si la résistance mesurée directement par un contrôleur résistif d'humidité relative ou la capacitance d'un détecteur capacitif pouvaient être mesurées par un contrôleur universel

(voltmètre) et s'il y avait corrélation avec les niveaux d'humidité. Trois détecteurs ont été placés à l'intérieur de tuyaux de plomberie en CPVC de ***0,75*** po afin qu'ils ne touchent pas à la paille.

Les données de ces expériences n'ont pas révélé l'utilité de ces détecteurs pour ce genre d'application. Il semblait que chacun d'eux était inconstant, si bien qu'il fallait les calibrer avant et pendant l'usage pour qu'on puisse compter sur eux. Ces résultats indiquent que ces appareils fonctionneraient mieux en milieu scientifique ou technique, et qu'ils ne conviennent pas aux usages domestiques.

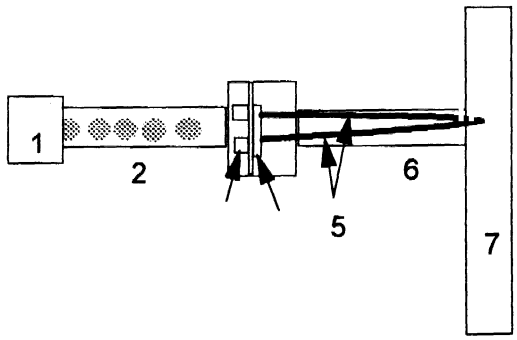
Nous avons également testé un hygromètre mécanique avec un tuyau extensible en CPVC pour voir si cette méthode peu coûteuse serait utile pour les contrôles sur bottes de paille. Les résultats n'étaient guère prometteurs et nous avons mis un terme aux essais.

Les trois méthodes qui ont fonctionné sont décrites ci-dessous. Bien que des instructions précises soient données sur la manière de répliquer le fonctionnement des détecteurs, quelques variations auraient peu d'incidence sur la précision des dispositifs, comme le type et le diamètre des tuyaux de plastique. Le degré de précision attendu de ces mesures est de l'ordre de *+1-* 10% d'humidité relative, ce qui est suffisant pour distinguer un mur de paille mouillé d'un mur de paille sec.

Contrôleurs électroniques

Il faut mesurer la température des bottes de paille en plus de l'humidité. Le contrôleur d'humidité relative Micronta, d'usage répandu, a été adapté pour le mesurage des bottes de paille en enlevant les éléments détecteurs pour les placer sur des fils de raccord. Les détecteurs d'humidité et de température se trouvaient à une certaine distance du contrôleur (à l'intérieur de la botte de paille) posé contre le mur. Voir figure 1.

Figure i : Télédétecteur Micronta



1. capuchon
2. tuyau de CPVC perforé (enveloppé d'un filtre à café)
3. détecteurs
4. plaque de montage
5. fils de raccord menant à l'affichage
6. tuyau de CPVC
7. boîtier à affichage de l'appareil Micronta

Les détecteurs d'humidité relative et de température (thermisteur) à l'intérieur de l'appareil Micronta sont faciles à atteindre et à désouder, puis ils ont été rebranchés à l'appareil au moyen des fils. (Si vous n'avez pas l'habitude d'utiliser des outils de soudure, demandez à quelqu'un qui s'y connaît de le faire.) Les détecteurs ont été montés à l'intérieur d'un tuyau standard en CPVC de 18 mm *(0,75* mm de diamètre) à environ 200 mm (8 po) de l'appareil Micronta. De cette façon, il était possible de mesurer, facilement et à peu de frais, la température et l'humidité de manière

continue à l'intérieur de la botte de paille. Nous avons ensuite ouvert l'appareil, après avoir retiré les piles, puis désoudé avec soin les éléments de détection et de température. Pour prévenir les dommages, les fils de chaque détecteur devraient être protégés en les retenant avec des pinces pendant le désoudage. Un fer à souder ordinaire normalement utilisé pour les circuits imprimés est recommandé. Une fois désoudés, les fils (environ 200 mm ou 8 pouces de long) sont soudés à nouveau au circuit Micronta aux endroits où se trouvaient les fils de détecteurs. On peut ensuite coller le tuyau de CPVC en permanence au module Micronta (utiliser de l'époxyde).

Les détecteurs sont montés sur du papier fort isolant ou un panneau pour modèles électroniques (plaque de montage de détecteur). On coupe ensuite le papier ou le panneau pour qu'il puisse être inséré à l'intérieur du connecteur. On fait passer les fils de détecteurs au travers du papier ou du panneau, et on soude soigneusement les fils sortant de l'appareil (après avoir fait passer ces fils dans le tuyau de détecteur). Après le soudage, la plaque de montage des détecteurs est poussée à l'intérieur du connecteur, qu'on remplit d'une épaisse couche de d'époxyde pour sceller la plaque de montage, la renforcer et empêcher la diffusion d'humidité entre le tuyau de détecteur et le tuyau de diffusion d'entrée.

Le détecteur a mesuré comme prévu l'humidité et la température dans une fourchette de 35 % à 90 %. Les avantages que présente cet appareil est qu'il mesure aussi bien la température que l'humidité, et qu'il affiche continuellement l'humidité relative. Les deux contrôleurs Micronta ont donné des valeurs élevées (4-6 unités à 70 % HR) comparativement à un contrôleur de référence. Il faut les calibrer à l'occasion pour faire des travaux de précision, et ils ne mesurent pas plus bas que *35 %* 1fR. Signalons qu'une méthode simple de calibrage est décrite dans la brochure gratuite de la SCHIL, «Mesurer l'humidité dans votre maison».

Blocs de bois

En théorie, la conductance de blocs de bois devrait révéler quelque chose au sujet de l'humidité relative d'une botte de paille, donc de sa teneur en humidité. La conductance représente une méthode facile de mesurage lorsqu'on se sert d'un contrôleur standard à blocs de bois, qui ne coûte pas cher. C'est une méthode propre, et il devrait être possible de prélever des échantillons à plusieurs endroits sans investir beaucoup d'argent, de temps et d'effort.

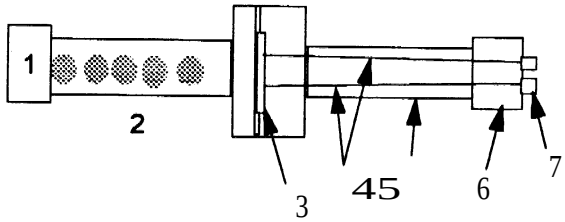
Des blocs en bois de balsa et de pin blanc mesurant approximativement 50 mm x 75 mm x (3mmà25mm)ou2pox3pox(0,l2Spoà 1 po d'épaisseur) ont été utilisés dans l'étude. Le bois de balsa a été sélectionné parce qu'on peut facilement l'obtenir dans de nombreuses dimensions, que son fil est uniforme et qu'il est facile à couper. C'est toutefois un bois délicat, de sorte qu'il faut prendre garde de ne pas l'endommager.

Des pièces ordinaires ont été utilisées pour façonner les sondes de détection d'humidité du bois. Le contrôleur mesurant l'humidité du bois est connecté aux fils de raccord sur le capuchon de la sonde. Nous avons fabriqué trois sondes en tuyaux de plomberie en plastique CPVC (comme pour les détecteurs électroniques - 300 mm (12 po) de longueur avec des trous à une extrémité). Le détecteur à bois est une disque en

bois (balsa ou pin) épais *(0,125* po) d'un diamètre de 18 mm (0,75 po) profilé pour être inséré à l'intérieur du connecteur. Deux trous ont été perforés dans le détecteur à bois, espacés de 15 mm (0,6 po), pour recevoir un petit écrou et un boulon en acier inoxydable qui retiennent le bout du fil de raccord électrique. Les fils de raccord ont été connectés au détecteur à bois, puis le détecteur a été placé à l'intérieur du connecteur et fixé en place par une épaisse couche de remplissage de ciment époxyde. La couche d'époxyde renforce le détecteur à bois et le scelle pour empêcher le mouvement d'humidité entre le tuyau d'entrée et le tuyau du détecteur. Une fois l'époxyde durci, on fait passer les fils électriques à travers le tuyau du détecteur et chacun d'eux est connecté aux écrous et boulons sur le capuchon. Les écrous et boulons sont espacés de manière à être alignés avec les bouts de l'humidimètre à bois. Le détecteur a été placé au centre de la botte. On peut rajuster la longueur du tuyau du détecteur à cette fin. Il ne semblait pas y avoir de problème en ce qui concerne les matériaux utilisés, c'est-à-dire au niveau de la conduction superficielle du plastique CPVC ou entre les fils de raccord.

Les expériences ont démontré que la corrélation est bonne entre la conductivité des blocs de bois, l'humidité relative et la quantité de vapeur d'eau dans la paille. Les blocs sont à l'état d'équilibre après un délai dicté par l'humidité relative. En l'occurrence, le carton, le tissu, etc. se comportent tous de la même manière. Ce qui est important toutefois, c'est que la corrélation est bonne entre la paille proprement dite et sa teneur en humidité. Voir les graphiques à la page suivante.

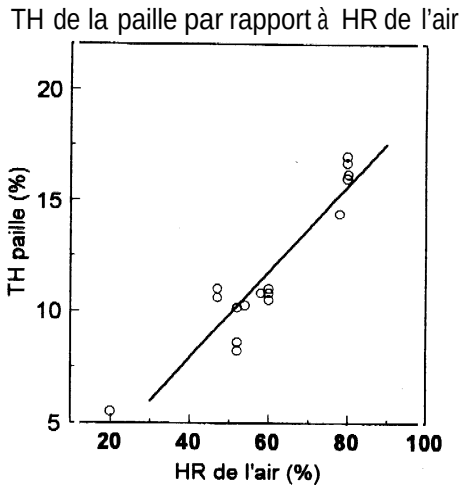
Figure 4 Humidimètre

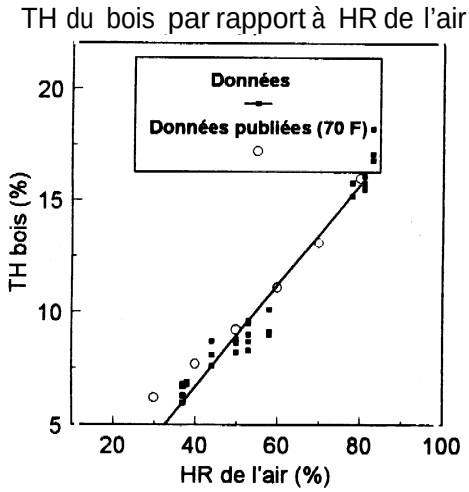


1. Capuchon
2. Tuyau de CPVC enveloppé d'un filtre à café
3. Disque de bois avec vis
4. **Fils de raccord au mur**
5. Tuyau de CPVC
6. Capuchon
7. Points de contact des capteurs

À moins de ***55%,*** le temps d'équilibre est long. Le bloc perd facilement son humidité si la botte est moins humide, mais il met du temps à se réhumidifier si le niveau d'humidité de la botte augmente, mais ne dépasse pas 55%. Les quantités de vapeur d'eau mesurées par le contrôleur et par séchage jusqu'au poids constant sont comparables. En fait, il y a même une corrélation entre les deux méthodes de mesurage lorsque le bloc n'est pas à l'état d'équilibre avec l'humidité relative de l'air ambiant.

Il est possible que la température influe sur la réaction, quoique dans la fourchette des températures étudiées **(130 C à environ 280 C),** cette influence était faible et difficile à déterminer. Cependant, pour les mesures prises en hiver, lorsqu'il fait froid, il faudrait corriger la température. Une approximation de la température pourrait être faite sans trop de difficulté à partir des températures intérieures et extérieures, et de la profondeur du bloc de bois dans la cavité murale.





Dans ces essais, il ne semblait pas y avoir de différence entre le bois de balsa et le pin blanc. La profondeur de pénétration de l'humidimètre a une importance particulière dans le cas du bois souple, car la lecture a tendance à grimper proportionnellement à la profondeur. Une sonde isolée (sauf le bout) simplifierait le mesurage et réduirait l'effet de ce type d'erreur *(+1-* 10% d'humidité); il en existe d'ailleurs sur le marché.

Au lieu de construire ces détecteurs, il est serait peut-être possible d'en acheter toutes faites avec les fils de raccord déjà fixés. On les appelle «Duif Gauges».

L'inconvénient des détecteurs à bois, c'est qu'il faut utiliser un humidimètre pour faire la lecture, bien que plusieurs familles pourraient se cotiser et partager un appareil.

Pour déterminer la performance des autres détecteurs, la quantité de vapeur d'eau de la paille a été mesurée par pesage de l'échantillon après séchage au four. Un échantillon de paille d'environ 10 grammes a été prélevé de la botte et enveloppé dans du papier d'aluminium, lequel a été perforé pour laisser s'échapper l'humidité pendant le réchauffement. L'échantillon a été pesé minutieusement (balance exacte à 0,02 g près) et séché au four à **1200** C pour 4-6 heures ou jusqu'à obtention du poids constant. Les écarts de poids représentent la déperdition d'humidité. La différence est exprimé en pourcentage du poids sec. La méthode du séchage au four dans l'aluminium pourrait être employée pour des échantillons de paille plus volumineux, mais le temps de séchage serait plus long.

Il suffit de peser la paille une fois, pour établir la teneur en humidité à environ 0%. On doit d'abord peser l'aluminium dans lequel on enveloppe la paille (F), puis on en recouvre la paille, pour ensuite la mettre au four; on pèse ensuite la paille et l'aluminium ensemble (FD). Pour chaque pesage subséquent, la teneur en humidité est simplement le poids de l'échantillon (FS) moins le poids de l'aluminium et le poids sec de la paille, divisé par le poids sec de la paille (sans le poids de l'aluminium) ou:

$$\text{Teneur en humidité} = \frac{FS - FD}{FD - F}$$

On doit veiller à prélever un échantillon représentant la quantité moyenne de vapeur d'eau à l'intérieur de la botte de paille. Il peut y avoir des différences d'un endroit à l'autre, surtout à des niveaux d'humidité faibles (- 50% 1fR). On peut remettre l'échantillon et l'aluminium à l'intérieur de la botte pour procéder à un nouvel échantillonnage de l'humidité. L'échantillon doit y resterjusqu'à ce qu'il atteigne l'état d'équilibre avec la teneur en humidité du mur bourré de paille. Si on répète ce processus, l'échantillon lui-même se comporte comme un détecteur.

Pour simplifier la procédure, on peut placer l'échantillon dans un tuyau de plomberie standard perforé à une extrémité, lequel est inséré à l'intérieur de la botte et retiré au moyen d'un orifice d'admission communément utilisé en plomberie. Après avoir poussé l'échantillon jusqu'au bout du tuyau (auquel on aura fixé une corde pour faciliter le retrait), le vide entre l'ouverture et l'échantillon devrait être rempli d'isolant, comme de la fibre de verre dans un sac de plastique. Il faudrait enlever et réinsérer l'isolant chaque fois que la paille est pesée.

Signification des résultats pour les constructeurs

Ce projet portait sur plusieurs méthodes peu coûteuses de contrôler la quantité de vapeur d'eau des bottes de paille utilisés dans la construction de murs d'habitations. Trois méthodes semblent utilisables : la modification d'un hygromètre électronique d'usage domestique, l'usage de blocs de bois et d'un humidimètre à bois, ainsi que des échantillons pesés de paille. Elles ont toutes des limites et requièrent quelque effort, mais elles permettent de faire des contrôles pour moins de 200 $, quoique ceux qui utilisent les blocs de bois auraient besoin d'avoir accès à un humidimètre à bois d'occasion ou gratuit pour qu'il n'en coûte pas plus cher. Ces techniques permettraient aux propriétaires d'habitations de savoir quand leurs murs remplis de paille atteignent un niveau d'humidité dangereusement élevé.

Directeur de projet: *Don Fugler (613~ 748-2658*
Rapport de recherche *Non diisponible*
Consultant de recherche *: instruscience Ltée*

Recherche sur le logement a la SCIJIL

Aux termes de la partie IX de la Loi nationale sur l'habitation, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à en publier et à en dafuser les résultats.

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

Ce feuillet documentaire de la série ***Le point en recherche et développement*** *n'est qu'une des nombreuses publications portant sur l'habitation produites par la SCHL.*

Pour recevoir la liste complète des feuillets documentaires ou pour obtenir d'autres renseignements sur les recherches et l'information qu'offre la SCHL en matière d'habitation, veuillez communiquer avec le :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : (613) 748-2367
Télécopieur : (613) 748-2098

This publication is also available in English.

Cette publication contient les ren.s~eÎgnements les plus à jour dont dispose la SCHL, lesquels ont été examinés par des experts du secteur de l'habitation. Toutefois, la SCHL n'assume aucune responsabilité pour les dommages, les blessures, les coûts et les pertes pouvant découler de l'utilisation de ces renseignements.