

Composition de murs préfabriqués tenant compte de la faible perméance à la vapeur d'eau des panneaux de contreplaqué et de copeaux orientés (OSB)

Agrandissement de l'usine Horisol

Préparé par Atelier Guy architectes pour Horisol



Ce rapport a été réalisé dans le cadre du Programme de vitrine technologique pour les bâtiments et les solutions innovantes en bois

17 décembre 2019

Yannick B. Pelletier

Auteur

Didier Morin-Laprise

Réviseur

Vincent Beaudoin

Architecte

Avis de non-responsabilité

Le contenu et les résultats de ce rapport sont produits et présentés par les concepteurs du projet. Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ainsi que le Fonds vert ne sont donc pas responsables du contenu de ce document.

Table des matières

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude	1
2. Introduction.....	2
2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction	2
2.2 Description du projet de construction	2
2.2.1 Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante.....	3
2.2.2 Échéancier global et durée.....	4
2.2.3 Budget global	4
2.2.4 Partenaires.....	4
2.2.5 Défis et risques généraux.....	4
3. Détails de l'étude	5
3.1 Introduction et hypothèses de départ	5
3.2 Objectifs	6
3.3 Méthodologie.....	6
3.4 Résultats et analyse	14
3.5 Conclusions.....	15
3.6 Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie.....	15
3.7 Recommandations	15
4. Bibliographie.....	16
5. Annexes	19

1. Sommaire exécutif et synthèse de l'étude

Cette étude porte sur la perméance des panneaux de support extérieur utilisés dans la composition des murs préfabriqués en ossature légère de bois. De façon courante dans l'industrie de la construction, un revêtement intermédiaire est installé sur la face extérieure des murs afin de les rigidifier, tout en faisant office de panneau de support pour la pose de la membrane pare-intempéries. Les matériaux les plus couramment utilisés sont des panneaux de copeaux orientés, plus communément appelés OSB (de l'anglais *Oriented Strand Board*), ainsi que des panneaux de contreplaqué.

Or, les données disponibles indiquent que les panneaux de copeaux orientés et de contreplaqué sont des matériaux de construction à faible perméance à la vapeur d'eau. Leur utilisation sur la face extérieure de l'ossature est donc potentiellement problématique, puisque ceux-ci peuvent contribuer à emprisonner de l'humidité à l'intérieur d'un mur. Le Code de construction du Québec exige d'ailleurs que les matériaux à faible perméance soient positionnés du côté intérieur de l'enveloppe.¹ Afin d'éviter un vieillissement prématuré de l'enveloppe du bâtiment, les matériaux ayant une faible perméance à la vapeur ont donc intérêt à être positionnés du côté chaud de l'enveloppe.

En tenant compte de ces éléments, le projet a été conçu avec une composition tenant compte de ces propriétés. Pour des raisons d'ordre économique et de rapidité d'exécution, le projet a été réalisé avec des sections de murs préfabriqués en usine. Ainsi, le panneau structural a été positionné du côté intérieur de l'enveloppe, alors qu'un panneau de revêtement intermédiaire perméable à la vapeur d'eau a été privilégié sur la face extérieure de l'ossature. Une telle composition a permis de satisfaire aux exigences structurales, tout en assurant une excellente intégrité du pare-vapeur, élément important pour la bonne performance de l'enveloppe.

¹ Articles 5.5.1.1. 1), A-5.5.1.1, 9.25.5.2. 1) et A-9.25.5.1. du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

2. Introduction

2.1 Titre et lieu de réalisation du projet de construction

Agrandissement de l'usine Horisol, localisée au 31, rue Legros à Saint-Jean-Port-Joli.

2.2 Description du projet de construction

Horisol est une coopérative de travailleurs spécialisée dans le rabotage de bois, axée principalement dans la production de planches à clôture. L'entreprise, dont les activités sont réparties dans trois usines, offre des produits et services de qualité tout en maintenant sa vocation sociale et en respectant les principes du développement durable.

L'entreprise souhaitait moderniser ses installations en ajoutant des espaces de bureau pour ses employés, ainsi qu'une cafétéria et un atelier de prototypage. Pour l'agrandissement d'une superficie de 930m², le choix s'est arrêté sur une structure en bois, permettant à la fois de contribuer à l'image de marque de la coopérative et d'offrir des espaces de qualité aux travailleurs de l'usine. Par ailleurs, plus de 60% de la main-d'œuvre employée par Horisol est adaptée, c'est-à-dire des travailleurs ayant des limitations d'ordre physique, mental et/ou intellectuel.² Il s'agissait également d'un choix plus écologique contribuant également à l'économie locale, en faisant travailler des entreprises de la région œuvrant aussi dans le secteur du bois (Art Massif et Chevrons Dionne).



Figure 1 – Façade principale du nouveau siège social de la coopérative de travailleurs Horisol
© Dave Tremblay - 1Px

² Horisol, « Entreprise adaptée », consulté le 11 octobre 2019.

2.2.1 Description du bâtiment innovant ou de la solution innovante

Le projet a été réalisé avec une approche de conception intégrée, une approche multidisciplinaire regroupant dès le départ le client, des ingénieurs civils, un ingénieur en mécanique, un entrepreneur général, un sous-traitant fabricant de structure en bois lamellé-collé (Art Massif) ainsi qu'Atelier Guy architectes. Le choix d'une structure apparente en bois était un désir partagé entre le client et l'équipe de conception.

Afin de réduire le coût de construction du projet, il a été décidé de réaliser le projet avec une structure hybride. Plutôt que de réaliser l'ensemble de la structure en bois lamellé-collé, une portion du projet utilise des sections de murs et des fermes de toit préfabriquées.

Tel que mentionné précédemment, nous jugions que la composition des murs préfabriqués plus usuels comportait un risque pouvant entraîner des problèmes dans l'enveloppe du bâtiment liés à l'emprisonnement de la vapeur d'eau dans le mur. Ce sujet est approfondi dans la section 3 de la présente étude. Afin d'éviter ces problèmes, nous avons élaboré une composition de mur tenant compte de la perméance à la vapeur d'eau des matériaux.

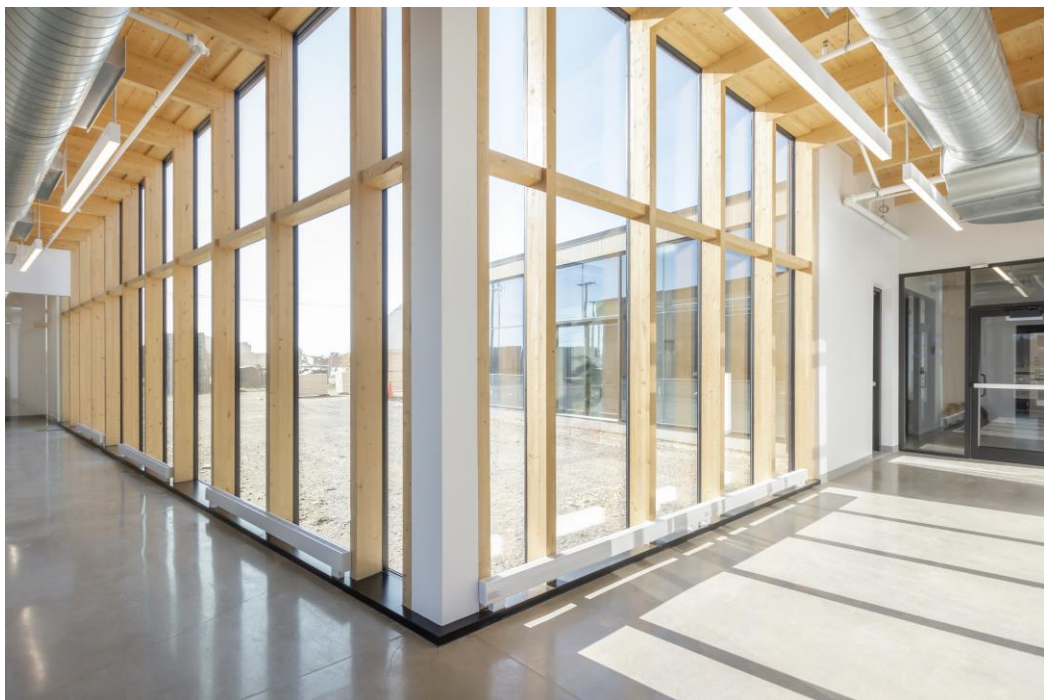


Figure 2 – Structure en bois lamellé-collé apparente
© Dave Tremblay - 1Px

2.2.2 Échéancier global et durée

La conception du projet s'est échelonnée du mois de mars jusqu'au mois de juin 2018, après quoi la période d'élaboration des plans préliminaires a débuté. Les plans pour demande de soumissions ont été émis à la fin de mois de juillet 2018, puis les plans pour construction à la fin du mois d'août 2018. Le chantier a quant à lui débuté au mois de septembre 2018 et s'est terminé au mois de juillet 2019. Au total, l'élaboration des plans aura duré environ 6 mois et le chantier près de 11 mois.

2.2.3 Budget global

Le budget global pour ce projet était de 2,3M \$.

2.2.4 Partenaires

L'équipe de travail a regroupé la firme ASP Experts Conseils en génie civil, la firme LGT en génie en mécanique du bâtiment, les sous-traitants en structure de bois Art Massif et Chevrons Dionne, ainsi que Construction Jean-François Duval comme entrepreneur général.

2.2.5 Défis et risques généraux

Un des principaux défis dans la réalisation d'un projet à vocation industrielle en bois était de répondre aux exigences réglementaires du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié) en matière de protection incendie.

Le projet en question consistait en l'ajout d'un nouveau siège social ainsi que d'un atelier annexe à un bâtiment industriel existant. Une étude réglementaire a été réalisée afin de déterminer les exigences pour la construction d'un nouveau bâtiment comportant une structure combustible en bois, abritant sous un même toit des usages industriels et administratifs. L'étude a révélé quelques options envisageables, dont deux ont été considérées. La première consistait à ériger un mur coupe-feu avec une résistance au feu de 4h entre l'usine et le nouveau siège social, alors que la seconde consistait à protéger l'ensemble du bâtiment par gicleurs. La seconde option a été retenue, considérant que la première option rendait difficile un éventuel agrandissement étant donné ses restrictions plus sévères, notamment en ce qui concerne la superficie autorisée.

L'autre défi du projet, en lien avec la solution innovante, était d'élaborer des détails de construction permettant d'assurer la répartition adéquate des charges latérales du côté intérieur de l'enveloppe, notamment au niveau des jonctions entre les murs et la toiture.

3. Détails de l'étude

3.1 Introduction et hypothèses de départ

La problématique qui fait l'objet de cette étude provient du principe constructif. De manière courante dans la fabrication des murs préfabriqués, un panneau de support structural est posé du côté extérieur de l'ossature, afin de contreventer les murs tout en solidarissant avec la toiture et les planchers. Ce panneau peut servir de substrat à la membrane pare-intempérie et ferme la cavité destinée à être remplie d'isolant. Les matériaux les plus fréquemment utilisés de nos jours sont les panneaux de copeaux orientés (OSB) et le contreplaqué.

Afin de réduire la consommation énergétique des bâtiments, ceux-ci sont isolés et scellés dans le but de limiter les fuites d'air et le transfert de chaleur. Il est de pratique courante dans les climats froids d'installer un matériau pare-vapeur du côté chaud de l'enveloppe, c'est-à-dire du côté intérieur. Sans pare-vapeur, l'humidité qui migre dans un mur isolé condense à l'endroit où l'air atteint son point de rosée, généralement dans la cavité de mur isolée. Comme l'étanchéité d'un pare-vapeur n'est jamais parfaite, une certaine exfiltration d'air est prévisible et il est primordial que l'humidité dans l'enveloppe puisse s'évacuer vers l'extérieur, sans quoi elle s'y accumule et peut causer la détérioration de la structure.

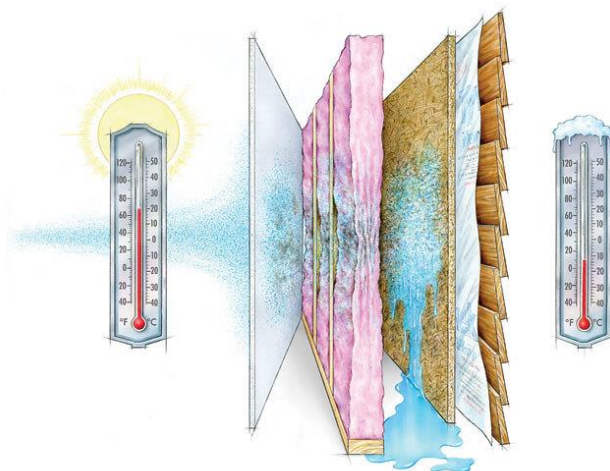


Figure 3 – Migration de la vapeur d'eau dans un mur et condensation sur la face intérieure d'un panneau de support en hiver.
© Fine Homebuilding

Les matériaux ayant une faible perméance à la vapeur ont donc intérêt à être positionnés du côté chaud de l'enveloppe. C'est d'ailleurs ce qu'exige le code du bâtiment du Québec,³ qui fait toutefois une exception pour les matériaux de revêtement intermédiaire dérivés du bois d'au plus 12,5 mm d'épaisseur.⁴ Les panneaux de copeaux orientés et de contreplaqué sont des matériaux de construction à faible perméance à la vapeur d'eau; leur positionnement sur la face extérieure de l'ossature est donc potentiellement problématique. Certains manufacturiers proposent même des produits prépercés pour tenter de pallier à ce problème.

³ Articles 5.5.1.1. 1), A-5.5.1.1, 9.25.5.2. 1) et A-9.25.5.1. du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

⁴ Article 9.25.5.1. 3) du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

« Les panneaux de revêtement intermédiaire peuvent servir à procurer la résistance structurale nécessaire à la stabilité d'une ossature de bois, mais il n'est écrit nulle part, sauf dans notre esprit, que celui-ci devrait être positionné du côté extérieur. En étant positionné du côté intérieur, celui-ci peut toujours assurer cette résistance structurale, mais peut en plus servir à la fois comme pare-air et pare-vapeur. » ⁵ (Traduction libre)

Ainsi, l'hypothèse est qu'en positionnant les panneaux de revêtement intermédiaire structuraux du côté intérieur de l'enveloppe, cela permettrait de mettre à profit leur faible perméance à la vapeur d'eau, tout en évitant de créer un problème. Ce positionnement entraîne un autre bénéfice : le panneau installé du côté intérieur sert alors de support au pare-vapeur et sa rigidité le protège contre les déchirures et les percements qui sont courants sur les chantiers, notamment lors de l'installation du système électrique.

3.2 Objectifs

Les objectifs poursuivis sont multiples :

- Éviter les problèmes de condensation liés à l'emprisonnement de la vapeur d'eau dans le mur
- Assurer la pérennité des matériaux utilisés dans la composition du mur préfabriqué
- Améliorer l'étanchéité et la performance de la composition du mur préfabriqué

Enfin, cette étude vise également à faire la promotion de la solution constructive employée dans le cadre de ce projet et de conscientiser les concepteurs ainsi que les entrepreneurs aux risques reliés à l'utilisation des matériaux de support intermédiaire. Il ne s'agit pas de dévaloriser ces derniers, mais bien d'être critique face à leur utilisation en raison de leurs propriétés.

3.3 Méthodologie

L'innovation dans ce projet concernant essentiellement les propriétés des matériaux ainsi que l'assemblage des murs, l'étude s'appuie avant tout sur des données théoriques provenant de tests en laboratoire effectués par des chercheurs indépendants. La performance des compositions est donc calculée de façon théorique plutôt qu'au moyen de tests au chantier.

Avant d'élaborer davantage, il paraît important de préciser les différentes unités de mesure utilisées afin de caractériser la migration de la vapeur d'eau à travers les matériaux. Il règne une certaine confusion entourant ces différentes unités de mesure et leurs équivalences. Essentiellement, elles expriment tous la même chose : une quantité d'eau qui traverse une paroi par diffusion sous une pression donnée, durant une période de temps donnée. Seule la façon de formuler cette quantité change.

⁵ Ecohome, « Interior sheathing as an air and vapour or vapor barrier », consulté le 26 novembre 2019.

Unités de mesure de la perméance à la vapeur d'eau des matériaux

La perméance (W)

Cette mesure définit le degré auquel un matériau permet le passage de vapeur. Plus la valeur est élevée, plus la vapeur traverse la paroi en quantité. Plus le matériau est épais, plus sa perméance est faible.

- Le Perm US (grains* /pi²·h·po Hg)
- Le Perm métrique (g/jour·m²·mmHg)
- L'unité de base du SI (Système international) (kg m⁻¹ s⁻¹ Pa⁻¹)
- Le nanogramme par seconde par mètre carré par pascal (ng/s·m²·Pa), unité équivalente du SI.

* Le grain est une unité de mesure de la masse égale à 64,79891 mg, soit le poids nominal d'un grain de céréale d'orge.

Les facteurs de conversion⁶ entre ces unités sont les suivants :

- 1 Perm US équivaut à 57,2135 ng/s·m²·Pa
- 1 Perm US équivaut à 0,659045 Perm métrique
- 1 Perm métrique équivaut à 86,8127 ng/s·m²·Pa

La perméabilité (δ)

Cette valeur du système international exprime la quantité de vapeur d'eau qui traverse un matériau ayant un mètre d'épaisseur.⁷ La perméabilité d'un matériau (δ_{matériau}) s'exprime en ng/s·m·Pa. Pour la convertir en perméance (W), il suffit de diviser cette valeur δ_{matériau} par l'épaisseur du matériau en mètre (m) :

$$W = \delta_{\text{matériau}} / d$$

W en ng/s·m²·Pa

δ en ng/s·m·Pa

d en m

Dans le système impérial, le perm-pouce (*perms-inches*) exprime un concept similaire. Il est possible de déterminer la perméance d'un matériau (grains/pi²·h·po Hg) en le divisant par son épaisseur en pouce (po).

$$W = \text{perm-pouce} / d$$

W en grains/pi²·h·po Hg

perm-pouce

d en po

⁶ Henry, « Conversion Charts », consulté le 26 novembre 2019.

⁷ Écohabitation, « Migration de la vapeur d'eau dans une paroi : coup d'œil d'expert sur la perméance », consulté le 26 novembre 2019.

Classification des matériaux selon leurs propriétés

Bien que les unités du SI soient plus couramment utilisées dans les rapports de recherche, le système impérial est toujours couramment utilisé dans l'industrie de la construction en Amérique du Nord. Pour cette raison, le perm US sera préféré dans cette étude, mais sera toujours accompagné d'une équivalence en SI ($\text{ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$). D'ailleurs, il existe une classification des matériaux qui se base sur l'unité de mesure du perm, qui regroupe ceux-ci en quatre catégories, selon leur différente valeur de perméance à la vapeur d'eau⁸ :

- Imperméable à la vapeur (Classe I) : 0,1 perm ou moins ($5,7 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$ ou moins)
- Semi-imperméable à la vapeur (Classe II) : Entre 0,1 et 1,0 perm (Entre $5,7$ et $57,2 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$)
- Semi-perméable à la vapeur (Classe III) : Entre 1,0 et 10 perms (Entre $57,2$ et $572,1 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$)
- Perméable à la vapeur : Plus de 10 perms (Plus de $572,1 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$)

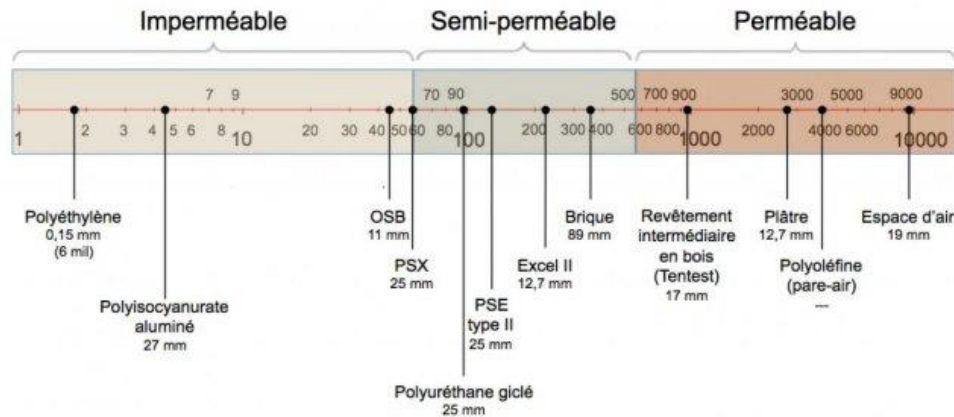


Figure 4 – Perméance de divers matériaux ($\text{ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$).

Illustration tirée de l'article intitulé « Migration de la vapeur d'eau dans une paroi : coup d'œil d'expert sur la perméance »

© Écohabitation

Selon le livre *2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals*, le Catalogue de l'Office des normes générales du Canada (*Canadian General Standards Board Catalogue*) précise deux types de matériaux retardateurs de vapeur (*Vapor retarders*),⁹ également appelé frein-vapeur en français :

- Type I : 0,25 perm ($15 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$)
- Type II : 0,8 perm ($45 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$) ou moins avant vieillissement et 1 perm ($60 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$) après vieillissement.

Pour sa part, le Code de construction du Québec exige une perméance d'au plus $60 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$ (1 perm) pour les pare-vapeur.¹⁰

⁸ Building Science, « BSD-106 : Understanding Vapor Barriers », consulté le 26 novembre 2019.

⁹ ASHRAE, 2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (Atlanta: ASHRAE, 2009), Chapitre 26, p.15.

¹⁰ Articles 9.25.4.2. 1) et 9.25.5.1. 1) du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

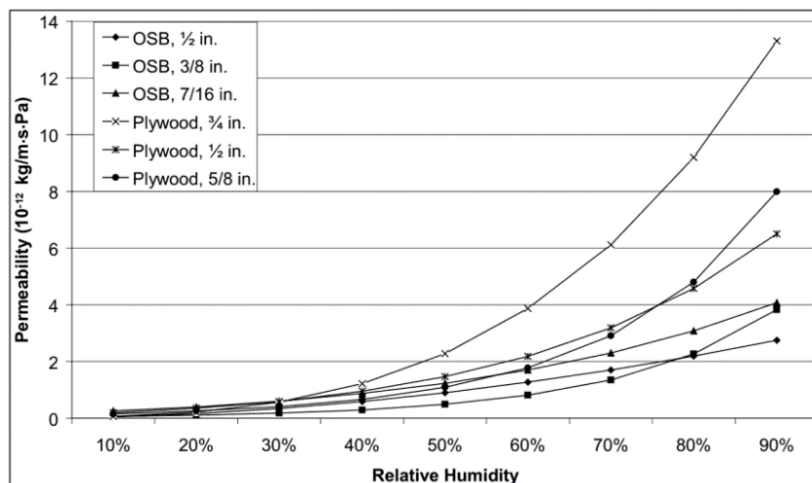
Perméance à la vapeur d'eau des panneaux de contreplaqué et d'OSB

Il est difficile de statuer sur des données concernant la perméance des panneaux de contreplaqué et d'OSB, car celles-ci varient de façon importante en fonction du taux d'humidité relative. Pour cette raison, les données diffèrent d'une source à l'autre. Dans les tableaux ci-dessous, il est possible de comparer des données provenant de fabricants avec celles de chercheurs indépendants.

Matériaux	Perméance des matériaux (en perms) selon différentes sources (ng/s·m ² ·Pa entre parenthèses)			
	CCQ (CNB 2015 modifié) ¹¹	PFS-TECO ¹²	SBA ¹³	APA ¹⁴
<u>Contreplaqué</u>				
3/8 à 3/4 po (9,5 à 19 mm)	0,7 – 1 (40 – 57)	entre 1 et 10 (entre 57 et 570)	-	-
<u>OSB</u>				
7/16 po (11 mm)	0,8 (44)	1,95 (111)	2,09 (120)	2 (114)
1/2 po (13 mm)	-	1,55 (88)	1,48 (85)	-
5/8 po (16 mm)	-	1,1 (63)	1,13 (65)	-

Matériaux	Perméance des matériaux (en perms) selon l'humidité relative ¹⁵ (ng/s·m ² ·Pa entre parenthèses)				
	10 %	30 %	50 %	70 %	90 %
<u>Contreplaqué</u>					
1/2 po (13 mm)	0,26 (15)	0,8 (49)	2,1 (121)	4,6 (265)	9,4 (541)
5/8 po (16 mm)	0,17 (10)	0,48 (27)	1,26 (72)	3,4 (194)	9,3 (532)
<u>OSB</u>					
7/16 po (11 mm)	0,04 (2,3)	0,9 (54)	1,8 (110)	3,6 (207)	6,4 (367)
1/2 po (13 mm)	0,06 (3,4)	0,4 (27)	1,2 (70)	2,4 (133)	3,8 (216)
5/8 po (16 mm)	-	-	-	-	-

Figure 5 – Perméance des panneaux de contreplaqué et d'OSB en fonction du taux d'humidité relative.
Graphique tiré du livre « Water in Buildings : An Architect's Guide to Moisture and Mold » (2005), p.76 (donnée tirées de Kumaran, 2002)



¹¹ Tableau A-9.25.5.1. 1) du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié), disponible en annexe.

¹² Plywood Design and Application Guide - TECO, p.36 et OSB Design and Application Guide - TECO, p.35

¹³ OSB Design Manual - Structural Board Association (SBA)

¹⁴ Technical Note Number J450: Water Vapor Permeance of Wood Structural Panels and Wood Wall Construction - APA

¹⁵ Données tirées du livre 2009 ASHRAE Handbook – Fundamentals. Extrait disponible en annexe.

Il est donc possible, après comparaison entre les tableaux, de constater que les panneaux de copeaux orientés (OSB) et de contreplaqué ont une perméance inférieure à 1 perm (60 ng/s·m²·Pa) dans un environnement ayant un taux d'humidité relative de 30 % et moins. Avec un taux d'humidité relative de 10 % et moins, la perméance des panneaux d'OSB est même inférieure à 0,1 perm (5,7 ng/s·m²·Pa). Rappelons que le Code de construction du Québec exige aussi une perméance d'au plus 60 ng/s·m²·Pa (1 perm) pour les pare-vapeur. Il exige également que les matériaux ayant une faible perméance à la vapeur soient positionnés du côté chaud de l'enveloppe :

« En général, l'emplacement de l'élément à faible perméance du système d'étanchéité à l'air dans un ensemble de construction n'est pas critique. Il peut limiter les fuites d'air, qu'il soit placé près de la surface extérieure de l'enveloppe, près de la surface intérieure ou à un emplacement intermédiaire. Toutefois, si le matériau d'étanchéité à l'air possède aussi les caractéristiques d'un pare-vapeur (faible perméabilité à la vapeur d'eau), il faut choisir son emplacement avec soin si l'on veut éviter les problèmes d'humidité. »¹⁶

« L'article 9.25.5.2. précise qu'un matériau à faible perméance à l'air et à la vapeur d'eau doit être placé du côté chaud de l'ensemble, du côté extérieur d'une lame d'air mise à l'air libre, ou, s'il est situé à l'intérieur de l'ensemble, à un point où la face intérieure est susceptible d'être suffisamment chaude durant la majeure partie de la saison de chauffe pour qu'il ne se produise aucune accumulation importante d'humidité. [...] En hiver, dans la plupart des régions du Canada, l'humidité relative intérieure est limitée par la température extérieure et par la température correspondante du côté intérieur des fenêtres. Pendant les périodes plus froides, une humidité relative intérieure supérieure à 35 % produit une condensation importante sur les fenêtres. »¹⁷

Il est intéressant de constater que les données varient grandement d'une source à l'autre. Lorsque les données proviennent du fabricant, celle-ci semble toujours démontrer que les matériaux sont de nature semi-perméable à la vapeur d'eau (Classe III), mais selon les données provenant du Code de construction du Québec ou des tests du CNRC-NRC (Kumaran 2002), ces matériaux sont classés dans la catégorie semi-imperméable (Classe II), voire imperméable à la vapeur d'eau (Classe I).

Par ailleurs, le guide de Construction de maison à ossature en bois recommande d'être prudent en utilisant des isolants rigides en face extérieure, comme le polystyrène extrudé, puisque ceux-ci sont très peu perméables à la vapeur d'eau.¹⁸ Selon le CCQ, la perméance à la vapeur d'eau du polystyrène extrudé se situe entre 0,4 et 1,6 perm (entre 23 et 92 ng/s·m²·Pa), alors que le panneau CodeBord de Owens Corning possède une perméance de 0,9 perm (52 ng/s·m²·Pa).¹⁹ Il en est de même pour l'isolant de polyuréthane giclé, qui, en fonction du type et de son épaisseur, peut devenir pare-vapeur.²⁰ Selon les fiches techniques des produits WALLTITE de BASF, la plupart des produits ont une perméance inférieure à 1 perm (57 ng/s·m²·Pa) avec une épaisseur de 50 mm (2po).

¹⁶ Article A-9.25.3.1. 1) du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

¹⁷ Article A-9.25.5.2. du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

¹⁸ Construction de maison à ossature de bois – Canada, p.41

¹⁹ Fiche technique du panneau CodeBord de Owens Corning, p.1

²⁰ Building Science, « RR-0912 : Spray Polyurethane Foam: The Need for Vapor Retarders in Above-Grade Residential Walls », consulté le 5 décembre 2019.

Cependant, le Code de construction du Québec tolère que *les matériaux de revêtement intermédiaire dérivés du bois d'au plus 12,5 mm d'épaisseur* (tel que les panneaux de contreplaqué et d'OSB) aient une perméance à la vapeur d'eau inférieure à $60 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$.

« Selon André Gagné [directeur du service technique] de l'APCHQ, " le lobbying des fabricants " serait la seule raison pourquoi l'on permet l'utilisation de ce matériau [le panneau de copeaux orientés (OSB)] du côté extérieur des murs. » ²¹

Le bon matériau au bon endroit

Ainsi, plutôt que de positionner sciemment le panneau structural du côté extérieur de l'enveloppe alors que tout indique qu'il s'agit d'une pratique risquée, il paraît logique que celui-ci devrait être positionné du côté intérieur. Toutefois, ce choix ajoute de la complexité aux détails de jonction entre les murs, les planchers et la toiture afin d'assurer une transmission adéquate des charges latérales.

Ce faisant, le panneau de support du côté extérieur du mur peut être remplacé par un autre matériau non structural ayant une perméance à la vapeur beaucoup plus élevée. Dans ce projet-ci, un panneau de gypse à mat de fibre de verre a été préconisé. Le panneau *Densglass* fabriqué par la compagnie *Georgia-Pacific* a une perméance de 23 perms ($1300 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$).²² Un panneau isolant de fibre minérale d'une épaisseur de 38mm (1,5po) a été utilisé afin de couvrir les ponts thermiques. Le produit *CavityRock* de *Rockwool* possède une perméance de 27 perms ($1555 \text{ ng/s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Pa}$).²³

Des propriétés différentes entre les matériaux

Comme le mentionnait le Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs en 2004, l'OSB s'est accaparé une part importante du marché de la construction, principalement parce que le matériau pouvait être employé d'une manière très similaire au contreplaqué :

« 1.3 Matériaux de substitution ou complémentaires

Ce sont d'abord leurs qualités structurales qui ont permis aux panneaux OSB d'accaparer une part importante du marché nord-américain de la construction. Ce matériau se prête aux mêmes applications que le contreplaqué de résineux. En 2000, il détenait plus de la moitié du marché des panneaux structuraux en Amérique du Nord et, selon un article publié récemment, la part du marché des panneaux était estimée à 57 % en 2003. La rapidité de sa progression est attribuable, non seulement à son prix, mais également à son installation qui ne requiert que très peu d'adaptation de la part des constructeurs qui utilisent déjà le contreplaqué. » ²⁴

²¹ Maison du 21^e siècle, « Nouvelles normes d'isolation : des experts craignent que certains murs pourrissent », consulté le 5 décembre 2019.

²² Fiche technique du panneau *Densglass* de *Georgia-Pacific*, p.2

²³ Fiche technique du panneau *CavityRock* de *Rockwool*, p.2

²⁴ Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP), « Profil des produits forestiers deuxième transformation - Panneaux de lamelles orientées (OSB) : usages spéciaux et deuxième transformation », p.8.

Toutefois, l'OSB n'est pas tout à fait un matériau de substitution, car les propriétés du matériau diffèrent de celles du contreplaqué. C'est ce que précise l'ingénieur canadien Joseph Lstiburek (PhD) dans un de ses articles : ²⁵

« OSB needs to be used differently than plywood – it needs to be protected differently than plywood. »

« Here is the thing about plywood and OSB. They are not the same thing. They are not made the same way. They have different performance properties. They are not equally resistant to moisture. »

« OSB is way more water sensitive than plywood. »

C'est aussi ce que démontre une recherche menée par Christopher David Black à l'Université de Waterloo en Ontario. En effet, un panneau de copeaux orientés (OSB) résiste moins bien aux moisissures qu'un panneau de contreplaqué en étant exposé à des conditions de température et d'humidité identiques, pendant une même durée.²⁶

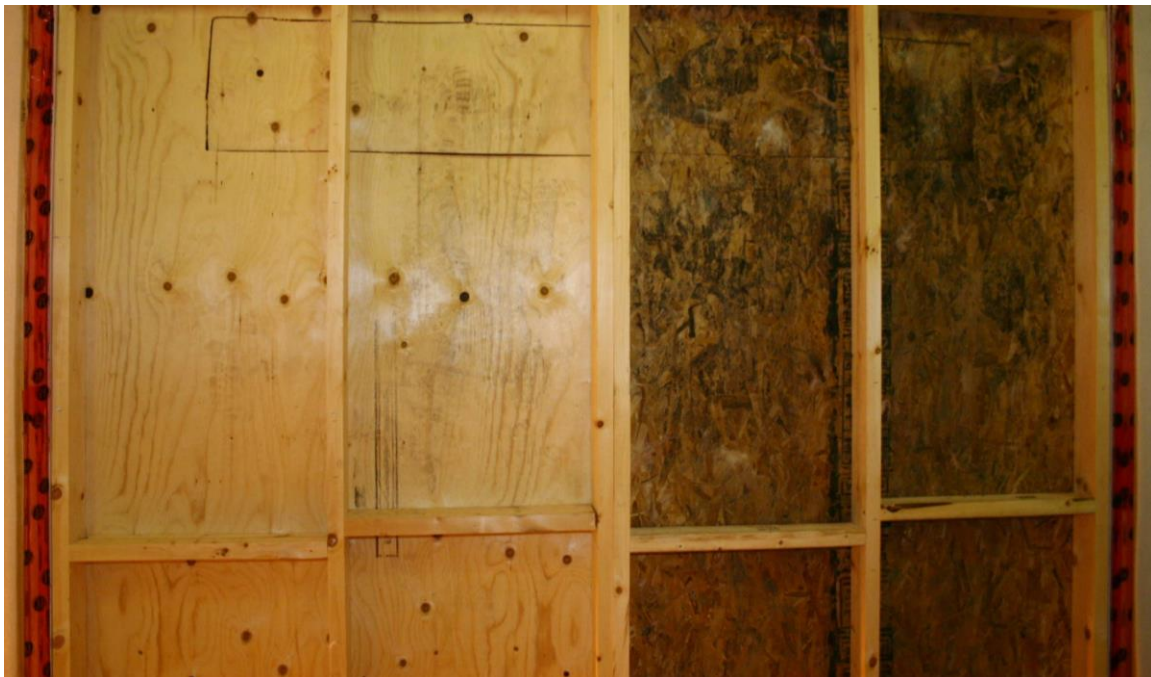


Figure 6 – Exposition à l'humidité et résistance à la moisissure des panneaux de contreplaqué et de copeaux orientés (OSB).
© Building Science

Lonnie Houghton et Colin Murphy ont également publié un article sur le sujet dans la revue Interface en 2003, dans lequel ils expliquent que les panneaux de copeaux orientés (OSB) ont une moins

²⁵ Building Science, « BSI-061 : Inward Drive - Outward Drying », consulté le 29 novembre 2019.

²⁶ Black, Christopher. « Mould Resistance of Full Scale Wood Frame Wall Assemblies », p. 64.

bonne résistance à l'eau et à l'humidité que les panneaux de contreplaqué, auxquels les panneaux sont souvent exposés pendant la période du chantier.²⁷

Une composition de mur qui tient compte des conditions de chantier

La composition de mur préfabriquée du projet a été élaborée en tenant compte des conditions de chantier. Dans le but d'assurer l'intégrité du pare-vapeur et de limiter les percements dans celui-ci, deux rangs de fourrures du côté intérieur ont été spécifiés : un premier rang vertical en fourrures 1 x 3 po (19 x 64mm) et un deuxième rang horizontal en 2 x 4 po (38 x 89mm). Ce double lattage, tout en restant économique, permet un dégagement suffisant derrière le revêtement intérieur. De cette façon, le passage du filage électrique et l'installation des diverses boîtes et prises n'altèrent pas la membrane pare-vapeur.

Selon l'article 12-516 du chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec 2010 (il s'agit du même numéro d'article dans la version de 2018),²⁸ « la surface extérieure d'un câble doit être maintenue à une distance d'au moins 32 mm du bord de tout élément de charpente destiné à servir de support à un revêtement ou parement; sinon, il faut protéger efficacement le câble contre l'endommagement mécanique pendant et après l'installation ».²⁹ Ainsi, le rang en 2 x 4 po (38 x 89mm) crée un dégagement suffisant, ne rendant pas nécessaire l'installation de plaque protectrice en métal.

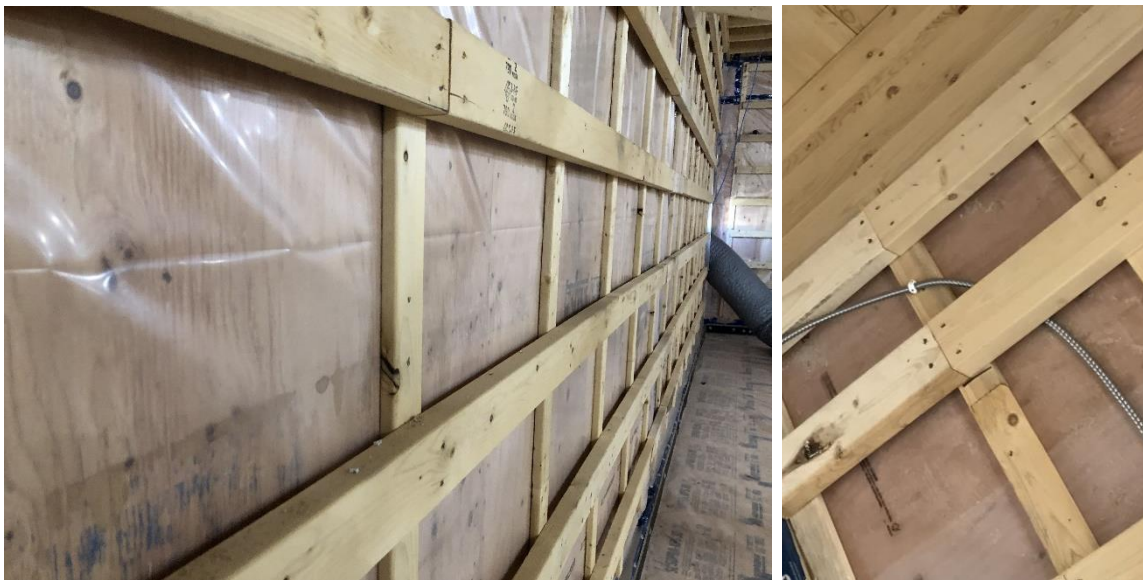


Figure 7 - Double lattage assurant l'intégrité de la membrane pare-vapeur ainsi que le passage du filage électrique.

© Atelier Guy architectes

²⁷ Haughton L. et C. Murphy. « " Moisture Exchange " Performance of OSB and Plywood Structural Panels », p.7 et 10.

²⁸ Cahier explicatif sur les principaux changements au chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec, p.62

²⁹ Régie du bâtiment du Québec, « Câbles sous gaine non métallique dans les installations dissimulées », consulté le 1^{er} octobre 2019.

3.4 Résultats et analyse

Ce projet n'a pas fait l'objet de tests en laboratoire au préalable ni de construction de prototypes avant le début du chantier, sur lesquels il aurait été possible de procéder à des analyses plus poussées. La présente étude démontre, au moyen des données de chercheurs indépendants, la faible perméance des panneaux de copeaux orientés (OSB) et de contreplaqué et le risque associé à leur utilisation en face extérieure.

L'expérience du chantier de construction du projet a permis de valider certains éléments pris en considération lors de la conception des détails d'assemblage. Par exemple, bien que les documents de structure spécifiaient des panneaux de contreplaqué pour les murs de refends ainsi que des panneaux de copeaux orientés (OSB) pour le reste des murs préfabriqués, les panneaux de contreplaqué ont été utilisés pour l'ensemble du projet. Cette décision a été prise à la fois dans le but de simplifier la construction des murs préfabriqués, mais également en raison de la performance supérieure du matériau face à l'humidité. Le double lattage, installé en atelier, a protégé efficacement la membrane pare-vapeur. Bien qu'aucun test *in situ* n'ait été réalisé, l'inspection visuelle a révélé une excellente condition. Le contreventement de la structure, tel qu'anticipé, a été un peu plus complexe à réaliser que dans une situation typique. Également, pour des raisons économiques, des colombages métalliques ont été utilisés pour les systèmes intérieurs, en raison de leur coût inférieur aux colombages de bois au moment du chantier, une situation peu courante.



Figure 8 - Cloisons métalliques non-porteuses, structure hybride en bois lamellé-collé / ossature légère et murs de refends.
© Atelier Guy architectes

3.5 Conclusion

Bien que l'usage des matériaux de revêtement intermédiaire dérivés du bois d'au plus 12,5 mm d'épaisseur soit autorisé par le Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié), son utilisation du côté extérieur d'un mur est sujette à débats. Plusieurs cas de projets problématiques ayant connu un vieillissement prématuré de l'enveloppe peuvent venir soutenir cette préoccupation. Cette situation n'est souhaitable pour aucun des acteurs impliqués, que ce soit le maître d'ouvrage, l'entrepreneur ou l'architecte, ces deux derniers étant responsables devant le Code civil du Québec de la bonne qualité d'un ouvrage.

Cela démontre bien l'importance pour les concepteurs de détails ainsi que pour les maîtres d'œuvre d'avoir un esprit critique face aux pratiques standards, en se basant sur les principes de la science du bâtiment et sur les propriétés des matériaux. Dans le cas des panneaux de copeaux orientés (OSB) et de contreplaqué, il s'agit surtout d'être critique envers l'utilisation des matériaux comme panneau de support extérieur. Il est donc primordial d'utiliser le bon matériau au bon endroit dans le but de prolonger la durée de vie utile de l'enveloppe du bâtiment. Cela peut toutefois nécessiter l'élaboration de nouveaux détails d'assemblage au niveau des jonctions. Avec l'expérience de chantier, ces détails peuvent être validés ou raffinés. Il est de la responsabilité de tous de faire évoluer la pratique et de chercher à mieux construire.

3.6 Retombées et rayonnement des solutions développées et potentiel de reproductibilité pour l'industrie

Dans une perspective de construction durable, les retombées de cette étude pourraient contribuer à prolonger la durée de vie des bâtiments à ossature de bois, qui composent une part significative au Québec. En modifiant les façons de faire courantes, la présente étude de cas constitue une alternative réaliste à une problématique connue et documentée dans les compositions de murs. L'intention de cette étude est donc d'améliorer la pratique en tenant compte des propriétés des matériaux. En minimisant le risque d'emprisonnement de l'humidité à l'intérieur du mur, la durée de vie des matériaux qui le compose est maximisée, et à terme, celle de l'ensemble de l'ouvrage.

3.7 Recommandations

Afin de réduire davantage le coût de construction, il aurait sans doute été possible de substituer à certains endroits le panneau de support intérieur par des panneaux de carton-fibre, en considérant les lattes horizontales en 2 x 4" (38 x 89mm) dans le calcul de diaphragme des ingénieurs. Les pans de murs qui ne sont pas requis pour le contreventement du bâtiment auraient ainsi pu être plus économiques.

4. Bibliographie

Livres, publications et recherches

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). *2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI Edition)*. Atlanta, Georgia : ASHRAE, 2009.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). *2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals (Inch-Pound Edition)*. Atlanta, Georgia : ASHRAE, 2009.

APA – The Engineered Wood Association. « Technical Note: Water Vapor Permeance of Wood Structural Panels and Wood Wall Construction ». Form No. J450, 2009.

<https://www.apawood.org/publication-search?q=&f=Technical+Notes>

Black, Christopher. « Mould Resistance of Full Scale Wood Frame Wall Assemblies ». University of Waterloo, Waterloo, Canada, 2006.

<https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/2839>

Haughton L. et C. Murphy. « " Moisture Exchange " Performance of OSB and Plywood Structural Panels ». *Interface* (Vol. XXI, No. 6), 2003.

<http://rci-online.org/wp-content/uploads/2003-06-haughton-murphy.pdf>

Kumaran, M. « A Thermal and moisture property database for common building and insulation materials - Final Report from ASHRAE Research Project 1018-RP ». National Research Council Canada, Ottawa, Canada, 2002.

Lstiburek, J. « Vapor Barriers and Wall Design - Research Report - 0410 ». Building Science Press, 2004.

<http://www.buildingscience.com/documents/reports/rr-0410-vapor-barriers-and-wall-design/view>

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP). « Profil des produits forestiers deuxième transformation - Panneaux de lamelles orientées (OSB) : usages spéciaux et deuxième transformation », MRNFP, Québec, Canada, 2004.

<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/panneaux-osb.pdf>

PFS TECO. « Permeability of OSB Structural Panels ».

<http://www.pfsteco.com/library>

Régie du bâtiment du Québec. « Cahier explicatif sur les principaux changements au chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec ». Régie du bâtiment du Québec, Québec, Canada, 2018.

<https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-d'intervention/electricite/les-formationen/cahiers-explicatifs.html>

Rose, William B. *Water in Buildings : An Architect's Guide to Moisture and Mold*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2005.

SCHL. *Construction de maison à ossature de bois – Canada*. Ottawa, Canada, 2013.

<http://publications.gc.ca/site/fra/9.644018/publication.html>

Sites internet

Building Science Corporation. « BSD-106 : Understanding Vapor Barriers », Consulté le 26 novembre 2019.
<https://www.buildingscience.com/documents/digests/bsd-106-understanding-vapor-barriers>

Building Science Corporation. « BSI-061 : Inward Drive - Outward Drying », Consulté le 29 novembre 2019.
<https://www.buildingscience.com/documents/building-science-insights/bsi-061-inward-drive-outward-drying#ph2>

Building Science Corporation. « RR-0912 : Spray Polyurethane Foam: The Need for Vapor Retarders in Above-Grade Residential Walls », Consulté le 5 décembre 2019.
<https://www.buildingscience.com/documents/reports/rr-0912-spray-polyurethane-foam-need-for-vapor-retarders-in-above-grade-walls/view>

Écohabitation. « Migration de la vapeur d'eau dans une paroi : coup d'œil d'expert sur la perméance », Consulté le 26 novembre 2019.
<https://www.ecohabitation.com/guides/1310/migration-de-la-vapeur-deau-dans-une-paroi-coup-dil-dexpert-sur-la-permeance/>

EcoHome. « Interior sheathing as an air and vapour or vapor barrier », Consulté le 26 novembre 2019.
<https://www.ecohome.net/guides/2289/interior-sheathing-as-an-air-and-vapour-barrier/>

Fine Homebuilding. « Vapor Barriers Are a Good Thing, Right? », Consulté le 9 décembre 2019.
<https://www.finehomebuilding.com/2010/08/17/vapor-barriers-are-a-good-thing-right>

Guide Perrier. « Perméance ou perméabilité des murs extérieurs », Consulté le 10 août 2018.
<https://guideperrier.ca/permeance-permeabilite-murs-exterieurs/>

Henry. « Conversion Charts », Consulté le 26 novembre 2019.
https://ca.henry.com/fileadmin/pdf/data/techtalk/TechTalk_Conversions_11122013.pdf

Horisol. « Entreprise adaptée », Consulté le 11 octobre 2019.
<http://horisol.ca/entreprise-adaptee/>

Maison du 21^e siècle. « Nouvelles normes d'isolation : des experts craignent que certains murs pourrissent », Consulté le 5 décembre 2019.
<https://maisonsaine.ca/actualites/nouvelles-normes-disolation-des-experts-craignent-que-certains-murs-pourrissent.html>

Maison du 21^e siècle. « Comment choisir un pare-vapeur », Consulté le 5 décembre 2019.
<https://maisonsaine.ca/construction-verte/enveloppe-du-batiment/comment-choisir-un-pare-vapeur.html>

Régie du bâtiment du Québec. « Câbles sous gaine non métallique dans les installations dissimulées », Consulté le 1^{er} octobre 2019.
<https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/electricite/interpretations-techniques/cables-sous-gaine-non-metallique-dans-les-installations-dissimulees-partie-1-de-2.html>

Fiches techniques de fabricants

BASF. Fiche technique de l'isolant de polyuréthane à pulvériser Walltite Eco^{MD} v.2.

<http://www.walltite.basf.ca/FoamMasters/Francais/DownloadCenter/WALLTITE%20ECO%20v.2%20Fiche%20Technique.pdf>

Georgia-Pacific. Fiche technique du panneau DensGlass^{MD} Revêtement extérieur.

<https://cache5.buildgp.com/wp-content/uploads/2018/11/DensGlass-Sheathing-Submittal-French.pdf>

Owens Corning. Fiche technique du panneau isolant de polystyrène extrudé CodeBord®.

<http://fr-insulation.owenscorning.ca/builders/products/codebord.aspx?LangType=3084>

Rockwool. Fiche technique du panneau isolant CAVITYROCK®.

<https://fr.rockwool.com/product-overview/cavityrock/?selectedCat=t%C3%A9l%C3%A9chargements%20cavityrock>

Teco. OSB Design and Application Guide

<http://www.pfsteco.com/techtips/pdf/osbdesignapplicationguide>

Teco. Structural Plywood Design and Application Guide

<http://www.pfsteco.com/techtips/pdf/plywooddesignapplicationguide>

5. Annexes

Annexe A - Tableau A-9.25.5.1. 1) du Code de construction du Québec (CNB 2015 modifié)

Tableau A-9.25.5.1. 1)
Valeurs de perméance à l'air et à la vapeur⁽¹⁾

Matériau	Perméance à l'air, en L/(s · m ²) à 75 Pa	Perméance à la vapeur d'eau, en ng/(Pa · s · m ²) (vase sec)
Matériaux en feuilles et en panneaux		
plaques de plâtre de 12,7 mm	0,02	2600
• peintes (1 couche primaire)	négligeable	1300
• peintes (1 couche primaire + 2 couches peinture émulsion)	négligeable	180
plaques de plâtre à endos d'aluminium de 12,7 mm	négligeable	négligeable
revêtement intermédiaire en plaques de plâtre de 12,7 mm	0,0091	1373
contreplaqué de 6,4 mm	0,0084	23 – 74
panneaux de copeaux orientés (OSB) de 11 mm	0,0108	44 (plage)
panneaux de fibragglo-ciment de 12,5 mm	0,147	590
contreplaqué (de 9,5 mm à 18 mm)	négligeable – 0,01	40 – 57
revêtement intermédiaire en panneaux de fibres	0,012 – 1,91	100 – 2900
revêtement intermédiaire en bois de 17 mm	élevée – selon le nombre de joints	982
Isolant		
polyisocyanurate revêtu d'aluminium de 27 mm	négligeable	4,3
polyisocyanurate revêtu de papier de 27 mm	négligeable	61,1
mousse de polystyrène extrudé de 25 mm	négligeable	23 – 92
mousse de polystyrène expansé de 25 mm (type 2)	0,0214	86 – 160
isolants fibreux	très élevée	très élevée
mousse de polyuréthane pulvérisée de 25 mm – faible densité	0,011	894 – 3791
mousse de polyuréthane pulvérisée de 25 mm – densité moyenne	négligeable	96 ⁽²⁾
Matériaux en membrane		
métallique	négligeable	négligeable
papier imprégné d'asphalte (10 min)	0,0673	370
papier imprégné d'asphalte (30 min)	0,4	650
papier imprégné d'asphalte (60 min)	0,44	1800
membranes résistant à l'eau (9 matériaux)	négligeable – 4,3	30 – 1200
polyéthylène de 0,15 mm	négligeable	1,6 – 5,8
feutre imprégné d'asphalte (n° 15)	0,153	290
papier de construction	0,2706	170 – 1400
pellicule de polyoléfine encollée au filage (expansée)	0,9593	3646
Autres matériaux		
brique (6 matériaux)	négligeable	102 – 602
métal	négligeable	négligeable
mélange de mortier (4 matériaux)	négligeable	13 – 690
stucco	négligeable	75 – 240
béton armé de 50 mm (masse volumique de 2330 kg/m ³)	négligeable	23

(1) Les valeurs de perméance à l'air et à la vapeur sont tirées des ouvrages suivants :

- Bombaru, D., Jutras, R. et Patenaude, A., Perméance des matériaux de construction à l'air, rapport sommaire préparé par AIR-INS Inc. pour la SCHL, Ottawa, 1988. Les valeurs n'indiquent que les propriétés des matériaux soumis à l'essai. Les valeurs de produits particuliers peuvent varier considérablement.
- Tarion Warranty Corporation (anciennement Régime de garanties des logements neufs de l'Ontario), Details of Air Barrier Systems for Houses, North York, 1993.
- Kumaran, M.K., et al., ASHRAE Research Report 1018 RP, A Thermal and Moisture Transport Property Database for Common Building and Insulating Materials.

Research in Construction - Hygrothermal Properties of Several Building Materials, IRC-RR-110, mars 2002.

- Mukhopadhyaya, P., Kumaran, M.K., et al., Hygrothermal Properties of Exterior Claddings, Sheathings Boards, Membranes and Insulation Materials for Building Envelope Design, Proceedings of Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Building X, Clearwater, Florida, 2-7 décembre, 2007, pp 1-16 (NRCC-50287).
- (2) Cette valeur de perméance à la vapeur d'eau s'applique à la mousse de polyuréthane pulvérisée de 25 mm et de densité moyenne. Lorsque la mousse est mise en œuvre sur place, une couche de résine de faible perméance se forme à la surface de contact entre la mousse et le substrat. Si cette couche de résine était prise en compte dans le calcul de la perméance à la vapeur d'eau de la mousse mise en œuvre, on obtiendrait probablement une valeur inférieure à celle indiquée au tableau.

Annexe B - Extrait du livre 2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals

Table 8 Water Vapor Permeability of Building Materials at Various Relative Humidities

Material	Permeability at Various Relative Humidities, ng/(Pa·s·m)					Water Absorption Coefficient, (kg·s ^{1/2})/m ²	Mean Air Permeability, kg/(Pa·s·m)	References/ Comments
	10%	30%	50%	70%	90%			
Building Board and Siding								
Asbestos cement board, 3 mm thickness with oil-base finishes	← 0.66 to 1.37 →			← N/A →				Dry cup*
	← 0.05 to 0.09 →			← N/A →				
Cement board, 13 mm, 1130 kg/m ³	7.4	7.4	9.3	12	16	0.013	3 × 10 ⁻⁸	Kumaran (2002)
Fiber cement board, 8 mm, 1380 kg/m ³	0.21	0.58	1.6	4.7	14.8	0.025	3 × 10 ⁻¹²	Kumaran (2002)
Gypsum board		21		23	30			Kumaran (1996)/NRC
asphalt impregnated	←		0.038	→				
Gypsum wall board, 13 mm, 625 kg/m ³	23.4	27.2	31.9	37.6	44.7	0.0019 ^c	4.2 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
with one coat primer	6.83	14.9	22.0	28.9	35.9	N/A	2.2 × 10 ⁻⁸	Kumaran (2002)
with one coat primer/two coats latex paint	1.1	2.1	4.0	8.0	16.5	N/A	2.5 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
Hardboard siding, 11 mm, 740 kg/m ³	3.92	4.28	4.67	5.10	5.58	0.00072	4.5 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
Oriented strand board (OSB), 9.5 mm, 660 kg/m ³	0.0064	0.177	0.487	1.35	3.83	0.0016	1 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
11.1 mm	0.026	0.60	1.23	2.30	4.08	0.0022	2 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
12.7 mm	0.044	0.344	0.90	1.70	2.75	0.0016	1 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
Particleboard		4.4	6.0	10.2	15.2			Kumaran (1996)
Douglas fir plywood, 12 mm, 470 kg/m ³	0.19	0.59	1.46	3.19	6.50	0.0042 ^d	4 × 10 ⁻¹¹	Kumaran (2002)
15 mm, 550 kg/m ³	0.15	0.41	1.09	2.91	7.99	0.0031	1 × 10 ⁻⁹	Kumaran (2002)
Canadian softwood plywood, 18 mm, 445 kg/m ³	0.06	0.57	2.28	6.12	13.30	0.0037	2 × 10 ⁻¹¹	Kumaran (2002)
Plywood (exterior-grade), 12 mm, 580 kg/m ³	0.21	0.36		0.80	8.62			Burch et al.
Wood fiber board, 11 mm, 320 kg/m ³	12.4	13.6	15.0	16.4	18.1	0.00094	2.5 × 10 ⁻⁷	Kumaran (2002)
25 mm, 300 kg/m ³	71.5	58.4		86.7	77.2			Burch and Desjarlais (1995)

Table 8 Water Vapor Permeability of Building Materials at Various Relative Humidities

Material	Permeability at Various Relative Humidities, perm-in.					Water Absorption Coefficient, lb·h ^{1/2} /ft ²	Mean Air Permeability, lb/(ft·h·in. Hg)	References/ Comments
	10%	30%	50%	70%	90%			
Building Board and Siding								
Asbestos cement board, 1/8 in. thickness with oil-base finishes	← 0.45 to 0.94 →			← N/A →				Dry cup*
	← 0.03 to 0.06 →			← N/A →				
Cement board, 1/2 in., 71 lb/ft ³	5.1	5.1	6.4	8.2	11.0	0.16	0.24	Kumaran (2002)
Fiber cement board, 1/4 in., 86 lb/ft ³	0.14	0.4	1.1	3.2	10.1	0.31	0.00002	Kumaran (2002)
Gypsum board		14.4		16	21			Kumaran (1996)/NRC
asphalt impregnated	←		0.03	→				
Gypsum wall board, 1/2 in., 39 lb/ft ³	16	19	22	26	31	0.02 ^c	0.03	Kumaran (2002)
with one coat primer	5	10	15	20	25	N/A	0.18	Kumaran (2002)
with one coat primer/two coats latex paint	0.75	1.44	2.74	5.48	11.3	N/A	0.02	Kumaran (2002)
Hardboard siding, 3/8 in., 46 lb/ft ³	2.7	2.9	3.2	3.5	3.8	0.0007	0.037	Kumaran (2002)
Oriented strand board (OSB), 41 lb/ft ³ , 3/8 in.	0.004	0.1	0.3	0.9	2.6	0.0016	0.008	Kumaran (2002)
7/16 in.	0.02	0.4	0.8	1.6	2.8	0.0022	0.016	Kumaran (2002)
1/2 in.	0.03	0.2	0.6	1.2	1.9	0.0016	0.008	Kumaran (2002)
Particleboard		3.0	4.1	7.0	10.4			Kumaran (1996)
Douglas fir plywood, 1/2 in., 29 lb/ft ³	0.13	0.4	1	2.2	4.5	0.0042 ^d	0.0003	Kumaran (2002)
5/8 in., 34 lb/ft ³	0.1	0.3	0.8	2.0	5.5	0.0031	0.008	Kumaran (2002)
Canadian softwood plywood, 3/4 in., 28 lb/ft ³	0.04	0.4	1.6	4.2	9.1	0.0037	0.0002	Kumaran (2002)
Plywood (exterior-grade), 1/2 in., 36 lb/ft ³	0.14	0.25		0.55	5.9			Burch and Desjarlais (1995)
Wood fiber board, 3/8 in., 20 lb/ft ³	8.5	9.3	10	11	12	0.0009	2.0	Kumaran (2002)
1.0 in., 19 lb/ft ³	49	40		59.4	52.9			Burch et al.

Annexe C - Extrait du Final Report from ASHRAE Research Project 1018-RP

A Thermal and Moisture Transport Property Database for Common
Building and Insulating Materials

Final Report from ASHRAE Research Project 1018-RP

Principal Investigator : Mavinkal K Kumaran

Key Researchers: John C Lackey
Nicole Normandin
Fitsum Tariku
David van Reenen

04 July 2002

Table of Content	Page No.
Executive Summary	4
Examples of Applications of Various Test Methods:	
Hygrothermal Properties of Aerated Concrete and Gypsum Board	12
Hygrothermal Properties of OSB –1	29
Hygrothermal Properties of OSB –2	36
Hygrothermal Properties of OSB –3	43
Hygrothermal Properties of Plywood –1	50
Hygrothermal Properties of Plywood –2	57
Hygrothermal Properties of Plywood –3	64
Hygrothermal Properties of Fibreboard	71
Hygrothermal Properties of Eastern White Cedar	78
Hygrothermal Properties of Western Red Cedar	85
Hygrothermal Properties of Spruce	92
Hygrothermal Properties of Eastern White Pine	99
Hygrothermal Properties of Southern Yellow Pine	106
Hygrothermal Properties of Composite Wood Siding	113
Hygrothermal Properties of Clay Brick	120
Hygrothermal Properties of Mortar	127
Hygrothermal Properties of Stucco	134
Hygrothermal Properties of Fibre Cement Board	141
Hygrothermal Properties of Cement Board	148
Hygrothermal Properties of Lime Stone	154
Hygrothermal Properties of Low-density Glassfibre Batt Insulation	160
Hygrothermal Properties of Cellulose Insulation	164
Hygrothermal Properties of Expanded Polystyrene Insulation	169
Hygrothermal Properties of Extruded Polystyrene Insulation	173
Hygrothermal Properties of Spray Polyurethane Foam Insulation	176

EXECUTIVE SUMMARY

This report presents results from a set of hygrothermal tests that were systematically carried out on many building materials that are currently used in North America. The materials include several wood based products, several species of wood, masonry products, cladding materials, sheathing membranes, insulation products, one limestone, a primer and a latex paint and a vinyl wallpaper. The properties that were determined include thermal conductivity, equilibrium moisture content, water vapour permeance or permeability, water absorption coefficient, moisture diffusivity and air permeance or permeability. Test conditions and details on test specimens are given for each test. Many sets of primary data as well as their uncertainties are reported. Also, wherever possible results are statistically analyzed to estimate probable uncertainties in the derived values of various hygrothermal properties.

Principal Investigator:

Kumar Kumaran

Principal Research Officer

Building Envelope and Structure Program

Institute for Research in Construction

National Research Council Canada

Ottawa, Ontario K1A 0R6

Canada

kumar.kumaran@nrc.ca

Phone: 613 993 9611

1. INTRODUCTION

ASHRAE Research project 1018-RP, “Thermal and Moisture Transport Property Database for Common Building and Insulating Materials” was implemented to generate a set of reliable and representative data on the hygrothermal properties of 30 common building materials. Hygrothermal properties govern the details of heat, air and moisture transport through building materials. A comprehensive list of the properties can be found in the project report B-1115.3 dated 1 April 1999 that was issued to ASHRAE from the Institute for Research in Construction. That report also contains the definitions of the properties.

The project has now generated information on several hygrothermal properties of 38 materials. The properties that are compiled in this report include:

Dry density

Heat capacity

Thermal conductivity

Equilibrium moisture content (Sorption, Desorption and Pressure Plate Measurements)

Water vapour permeance or permeability

Water absorption coefficient

Moisture diffusivity and

Air permeance or permeability

Well-developed experimental procedures or international standard test procedures exist to determine the properties listed above. The principles of the experimental procedures that are used to determine the hygrothermal properties of building materials in the present investigation are given below. Heat capacity data that are reported here are taken from a document published by the International Energy Agency Annex 24 [1]. Density data reported here are the averages of the densities of many test specimens (conditioned to laboratory environment, approximately 21 °C and 50 % RH) for each material, calculated from direct measurements on the weight and on the geometric dimensions that are used to characterize each test specimen. Further details on each experimental procedure and data analyses may be found in the project report referred to above.

1. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF ORIENTED STRAND BOARD -1

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a **nominal thickness of ½"**. The strands of this product are manufactured from poplar and aspen.

Density: $(650 \pm 30) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report²²): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 3.1. Thermal Conductivity of OSB 1.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
12.66	27.26	21.41	0.102
12.66	3.88	-3.20	0.0984
12.53	27.22	21.40	0.102
19.50	3.90	-3.17	0.0974

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to OSB.

²² M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability²⁵

Table3.6. The dependence of water vapour permeability of OSB 1 on relative humidity.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	4.39E-14	60	1.27E-12
20	1.61E-13	70	1.70E-12
30	3.44E-13	80	2.19E-12
40	5.91E-13	90	2.75E-12
50	9.00E-13	100	3.37E-12

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability may be higher than 50 %. The scatter in the WVT data for this product is unusually high for a building material.

²⁵ The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.

4. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF ORIENTED STRAND BOARD -2

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a **nominal thickness of 3/8"**. The strands of this product are manufactured from balsam poplar and trembling aspen.

Density: $(660 \pm 30) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report³¹): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 4.1. Thermal Conductivity of OSB 2.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
10.25	27.04	21.40	0.0944
10.25	3.66	-3.16	0.0909
9.85	27.16	21.39	0.0812
9.85	3.70	-3.36	0.0778

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to OSB.

³¹ M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability³⁴

Table 4.6. The dependence of water vapour permeability of OSB 2 on relative humidity.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	6.42E-14	60	8.11E-13
20	1.06E-13	70	1.35E-12
30	1.77E-13	80	2.27E-12
40	2.93E-13	90	3.83E-12
50	4.87E-13	100	6.54E-12

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability may be higher than 50 %. The scatter in the WVT data for this product is unusually high for a building material.

³⁴ The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.

5. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF ORIENTED STRAND BOARD -3

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a nominal thickness of 7/16". The strands of this product are manufactured from birch, poplar and aspen.

Density: $(650 \pm 30) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report⁴⁰): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 5.1. Thermal Conductivity of OSB 3.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
10.87	27.66	21.73	0.0866
10.87	3.24	-2.78	0.0844
10.98	27.28	21.74	0.102
19.50	2.80	-2.93	0.0965

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to OSB.

⁴⁰ M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability⁴³

Table 5.6. The dependence of water vapour permeability of OSB 3 on relative humidity.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	2.56E-13	60	1.70E-12
20	4.01E-13	70	2.30E-12
30	6.02E-13	80	3.08E-12
40	8.73E-13	90	4.08E-12
50	1.23E-12	100	5.35E-12

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability may be higher than 50 %. The scatter in the WVT data for this product is unusually high for a building material.

⁴³ The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.

6. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF PLYWOOD - 1

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a **nominal thickness of 3/4"**. The product is certified as conforming to Canadian plywood manufacturing standard CSA O151 Canadian Softwood Plywood.

Density: $(445 \pm 5) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report⁴⁹): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 6.1. Thermal Conductivity of Plywood 1.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
17.93	27.23	21.04	0.0929
17.93	3.98	-3.35	0.0887
17.74	27.22	21.05	0.0911
19.50	4.04	-3.32	0.0870

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to Plywood.

⁴⁹ M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability⁵²

Table 6.6. The dependence of water vapour permeability of Plywood 1.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	5.94E-14	60	3.87E-12
20	2.17E-13	70	6.12E-12
30	5.71E-13	80	9.20E-12
40	1.22E-12	90	1.33E-11
50	2.28E-12	100	1.88E-11

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability is about 22 %.

⁵² The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.

7. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF PLYWOOD - 2

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a **nominal thickness of 1/2"**. The product is certified as conforming to Canadian plywood manufacturing standard CSA O121 Douglas Fir Plywood.

Density: $(470 \pm 5) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report⁵⁸): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 7.1. Thermal Conductivity of Plywood 2.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
12.03	27.38	20.89	0.0854
12.03	3.53	-2.71	0.0820
12.08	27.28	20.89	0.0862
12.08	3.43	-2.79	0.0808

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to Plywood.

⁵⁸ M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability⁶¹

Table 7.6. The dependence of water vapour permeability of Plywood 2.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	1.93E-13	60	2.18E-12
20	3.51E-13	70	3.19E-12
30	5.93E-13	80	4.58E-12
40	9.48E-13	90	6.50E-12
50	1.46E-12	100	9.13E-12

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability is estimated to be as high as 50 %.

⁶¹ The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.

8. HYGROTHERMAL PROPERTIES OF PLYWOOD - 3

The test specimens used for various measurements reported here are taken from one board of a commercial product, 4' X 8' with a **nominal thickness of 5/8"**. The product is certified as conforming to Canadian plywood manufacturing standard CSA O121 Douglas Fir Plywood.

Density: $(550 \pm 5) \text{ kg m}^{-3}$

Heat Capacity (From International Energy Agency Annex 24 Report⁶⁷): $1880 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Thermal Conductivity:

Measurements are according to ASTM Standard C518; 30.5 cm X 30.5 cm specimens are used in these measurements. The temperatures of the plates are maintained within 0.04 °C for these measurements, for 12 h period to confirm steady state. Heat flow is perpendicular to the major surfaces.

Table 8.1. Thermal Conductivity of Plywood 3.

Specimen Thickness mm	Hot Surface Temperature °C	Cold surface Temperature °C	Conductivity $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
15.08	26.86	21.06	0.102
15.08	3.61	-3.30	0.0968
15.25	26.75	21.04	0.106
15.25	3.38	-3.44	0.101

Note: The heat flow meter apparatus is built to measure the heat transmission characteristics of insulating materials and for those materials the measurement uncertainties are within 2 %. This same uncertainty is applicable to Plywood.

⁶⁷ M K Kumaran, Final Report, Volume 3, "Material Properties", International Energy Agency Annex 24 Report, Published by K. U. –Leuven Belgium, 1996

Derived Water Vapour Permeability⁷⁰

Table 8.6. The dependence of water vapour permeability of Plywood 3.

RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$	RH, %	Permeability $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$
10	1.55E-13	60	1.78E-12
20	2.52E-13	70	2.91E-12
30	4.10E-13	80	4.80E-12
40	6.67E-13	90	7.99E-12
50	1.09E-12	100	1.35E-11

From the TableCurve statistics, the estimated uncertainty in the derived value of the permeability is estimated to be as high as 50 %.

⁷⁰ The analysis is done as described in : Kumaran, M. K., "An Alternative Procedure for the Analysis of Data from the Cup Method Measurements for Determination of Water Vapour Transmission Properties", *Journal of Testing and Evaluation*, JTVEA, Vol. 26 , pp. 575-581, 1998.