

# Investigation de l'impact des défauts de construction sur la performance hygrothermique et l'étanchéité des systèmes d'enveloppes légères en bois

Jeremy Piggot-Navarrete

Vous pouvez consulter l'article [ici](#) [1]

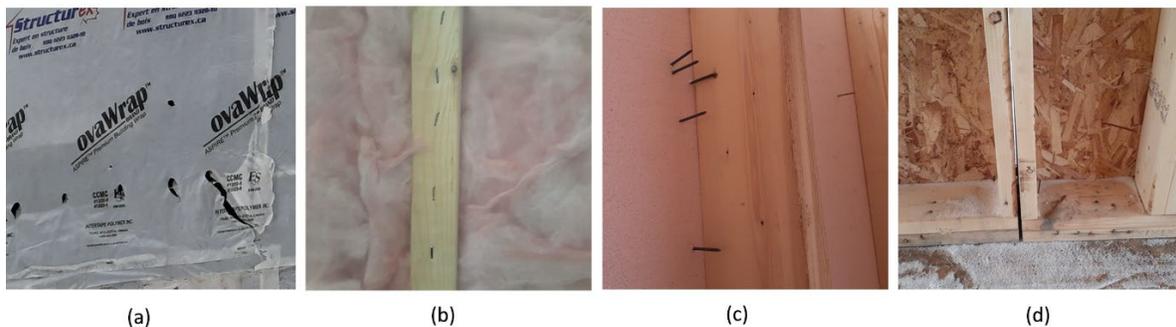
## Introduction

L'industrie de la construction a un impact significatif sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre [2]. Au Québec, le secteur résidentiel est le troisième plus grand consommateur d'énergie après les secteurs des transports et de l'industrie. Selon les données de 2014 [3], un total de 348 PJ, soit l'équivalent de 20,4% de la consommation totale d'énergie, a été enregistré au Québec. Ainsi, garantir une performance thermique efficace dans les constructions résidentielles est essentiel pour assurer un confort intérieur optimal tout en réduisant la complexité et la dépendance à une consommation énergétique excessive [4,5].

La performance thermique des bâtiments dépend largement de leurs enveloppes [4,6], qui séparent les espaces intérieurs et extérieurs. Pour économiser de l'énergie, il est essentiel que ces enveloppes respectent les normes de construction. Cependant, même avec une conformité, la performance réelle de l'enveloppe peut varier considérablement une fois le bâtiment construit [8], en raison de facteurs imprévus pendant la construction tels que les défauts d'assemblage. Des études [9–12] ont mis en évidence le manque de contrôle qualité comme principale cause de ces défauts, qui peuvent réduire la performance hygrothermique des enveloppes. Cependant, il existe encore peu de recherches sur les défauts spécifiques qui affectent la perte de chaleur et l'étanchéité à l'air [13]. Par conséquent, cette étude vise à analyser l'impact des défauts de construction sur la performance hygrothermique d'un système d'enveloppe en ossature bois traditionnelle.

## Matériaux et méthodes

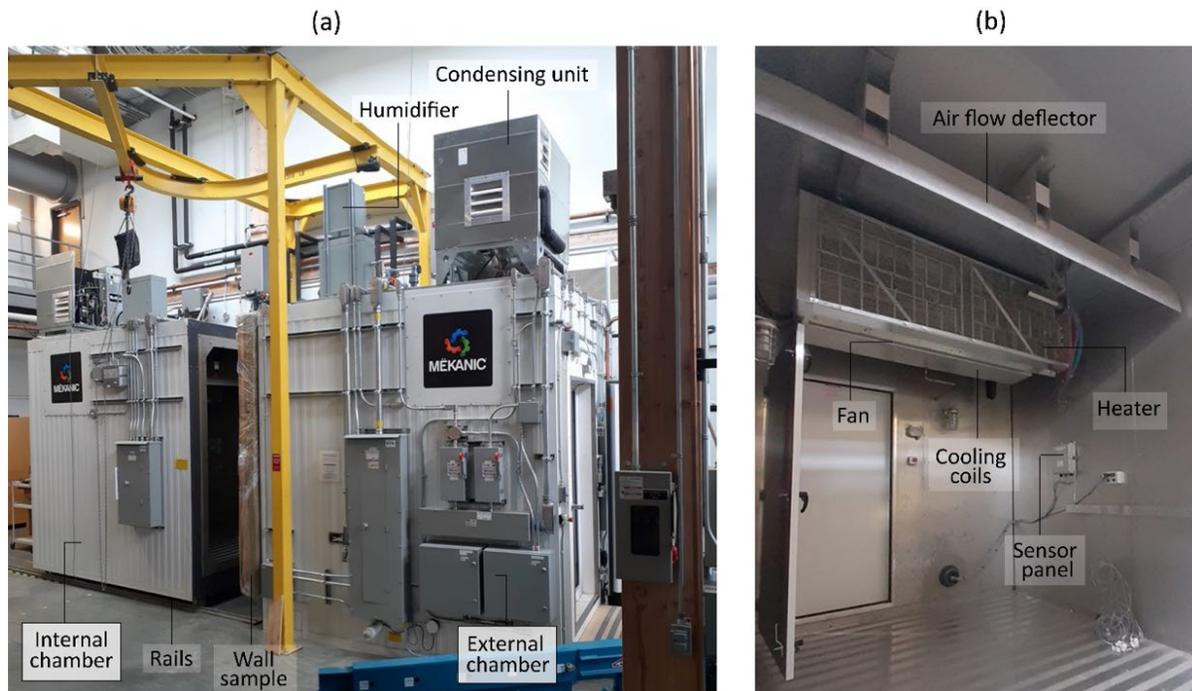
La première partie de l'étude a consisté à définir les défauts de construction les plus récurrents. Quatre défauts récurrents ont été définis (Figure 1) : (i) Perforations dans le pare-pluie, (ii) Perforations du pare-vapeur dues à une utilisation excessive d'agrafes, (iii) Clous dans l'isolation rigide externe du mur et (iv) Séparation entre les cadres structuraux.



**Figure 1.** Défauts identifiés : Orifices dans la barrière météorologique (a) ; Agrafes dans la barrière vapeur (b) ; Clous inutiles sur l'isolation externe (c) ; et espaces entre les jonctions des cadres structuraux (d).

La deuxième phase de l'étude a consisté en une série de tests en laboratoire. En utilisant les outils disponibles dans les laboratoires de l'Université Laval, un échantillon de mur à l'échelle réelle représentatif de la construction « Novoclimat 2.0 » a été construit. Cet échantillon comprenait une structure en bois de 2 X 6 pouces remplie d'isolant en laine de verre, un Pare-vapeur en polyéthylène, une isolation XPS et d'un pare-pluie en Tyvek. L'échantillon incorporait également un joint structurel de cadres en bois au centre. Une fois construit, cet échantillon de mur a été installé dans une chambre d'essai climatique (Figure 2), afin d'analyser sa performance hygrothermique.

Après l'installation de l'échantillon, les conditions intérieures de la chambre climatique ont été réglées à une température de 20°C avec une humidité relative de 40%, tandis que les conditions extérieures étaient réglées à -20°C avec une humidité relative de 50%. Ensuite, trois types d'études ont été menés : (i) Études de transfert de chaleur et de vapeur d'eau, (ii) Évaluation des ponts thermiques et des sources de fuite d'air et (iii) Évaluations de l'étanchéité à l'air. Ces trois études ont été répétées treize fois, comme indiqué dans le Tableau 1.



**Figure 2.** Chambre d'essai climatique (a) vue extérieure (b) vue intérieure.

**Table 1.** Description of the test codes and order characteristics

Test	Code	Défaut de construction	Proportion de défauts
1	FRJ	Aucun (seulement la jonction des cadres)	--
2	OWB-3	Jonction des cadres + Perforations de la pare-vapeur	3 cm <sup>2</sup>
3	OWB-9		9 cm <sup>2</sup>
4	OWB-18		18 cm <sup>2</sup>
5	SVB-1	Jonction des cadres + Agrafes dans la pare-vapeur	1 agrafe
6	SVB-3		3 agrafes
7	SVB-6		6 agrafes
8	SVB-12		12 agrafes
9	NEI-1	Jonction des cadres + Clous dans l'isolation externe	1 clou
10	NEI-3		3 clous
11	NEI-6		6 clous
12	NEI-12		12 clous
13	SFJ	Jonction des cadres avec éléments structurels séparés	6 mm

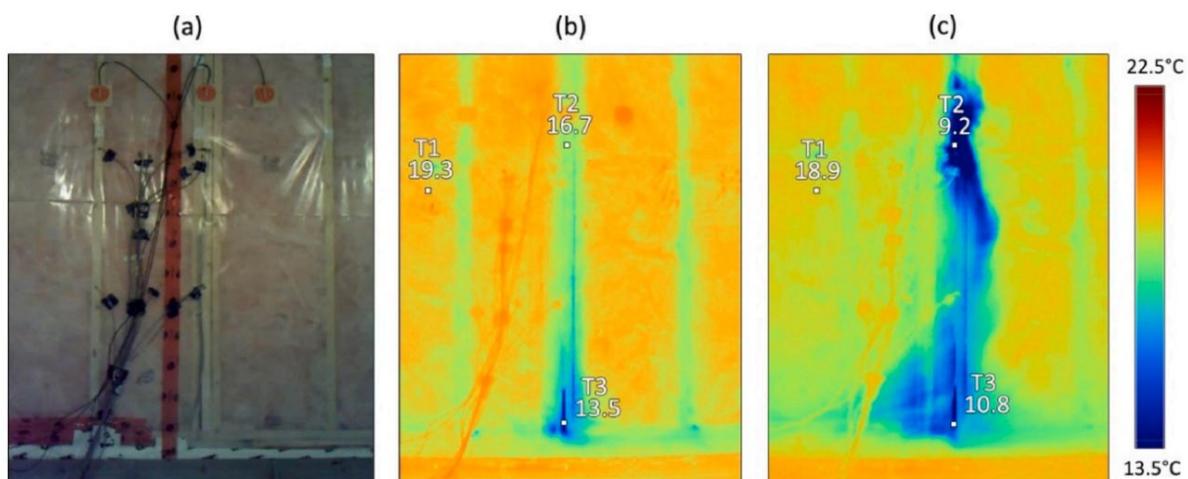
## Résultats et Discussions

### Transfert de chaleur et de vapeur

Les résultats de l'analyse de la température et de la vapeur à l'intérieur du mur ont montré que tous les défauts de construction augmentaient la probabilité de condensation interstitielle. Cela implique que ces défauts peuvent entraîner la formation d'eau liquide dans les couches internes du mur, favorisant ainsi le développement de moisissures et la réduction de la performance thermique. Parmi ces défauts, l'élément structural séparé s'est avéré être le plus préjudiciable.

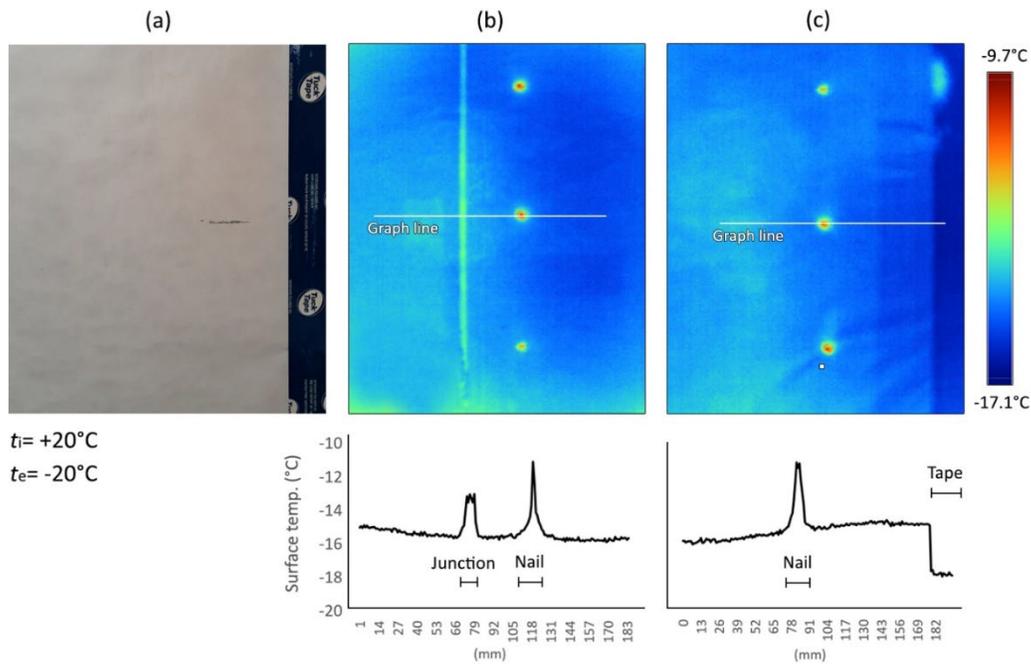
### Ponts thermiques et sources de fuite d'air

La Figure 3.b présente une photo capturée à l'aide d'une caméra thermographique de la surface interne de l'échantillon de mur sans aucun défaut de construction. Il est clair, à partir de cette image, que la jonction des cadres structuraux constitue un pont thermique notable, où la perte de chaleur vers l'extérieur est significativement plus élevée. Lorsque le vent est soufflé à une pression de 50 Pa (Figure 3.c), la perte de chaleur est encore plus prononcée. Ceci suggère que non seulement la jonction structurale agit comme un pont thermique, mais elle est également une source d'infiltration d'air importante.



**Figure 3.** Analyse thermographique (FRJ) : Photo (a), surface interne avec une pression de 0 Pa (b) et une pression de 50 Pa (c) sur l'échantillon de paroi.

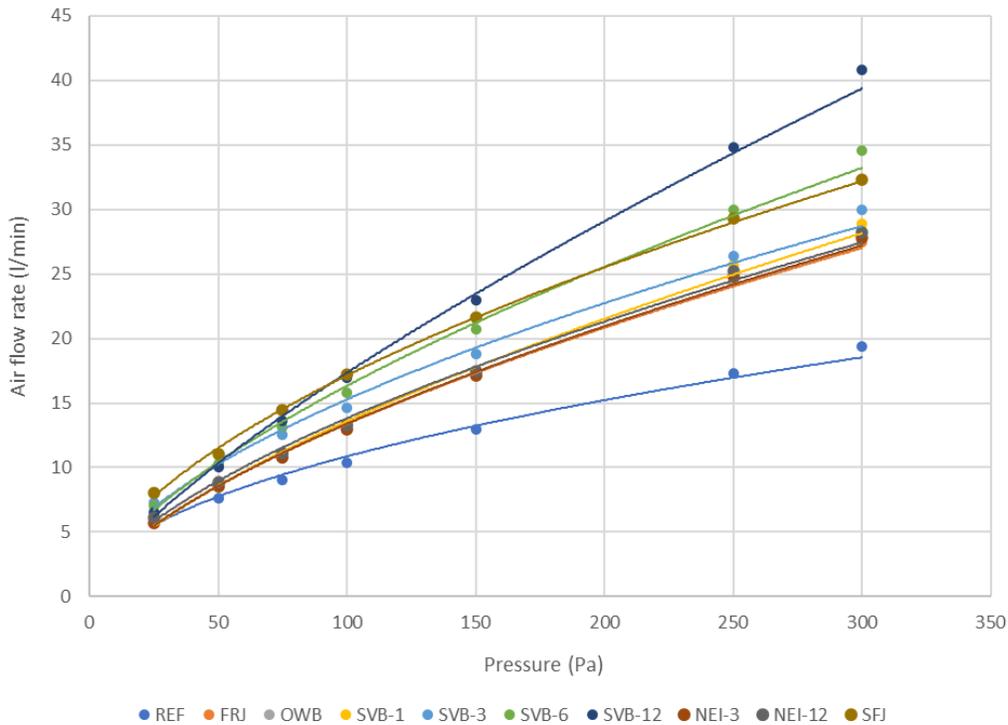
D'autres résultats ont également montré que les clous dans l'isolation créent des ponts thermiques, mais de manière localisée, comme illustré sur la Figure 4. Dans ce cas, la photo a été prise depuis la face externe du mur, où les points plus rouges indiquent une perte de chaleur accrue de l'intérieur vers l'extérieur.



**Figure 41.** Analyse thermographique des clous sur l'isolation externe (NEI) : Photo (a), température de surface externe du mur au niveau de la jonction des cadres (b) et de la section isolée (c).

### Évaluation de l'étanchéité à l'air

La Figure 5 montre le débit d'air de l'échantillon sans défauts et avec les différents défauts ajoutés à différentes pressions d'air. Chaque ligne représente l'un des treize tests effectués. Les tests présentant un débit d'air plus élevé correspondent à ceux où une infiltration d'air indésirable plus importante a été observée. Ainsi, les défauts de séparation structurelle et les agrafes dans le pare-vapeur ont été identifiés comme les principaux contributeurs à l'augmentation des infiltrations d'air dans l'échantillon.



**Figure 5.** Débit d'air de l'assemblage mural intégrant chaque défaut de construction.

## Conclusions

Cette étude a évalué l'influence de quatre défauts de construction récurrents dans la construction d'enveloppes en bois au Canada. Les résultats ont révélé que tous les défauts de construction ont entraîné une détérioration de la performance hygrothermique du mur analysé. Parmi eux, les éléments structuraux séparés et les agrafes dans le pare-vapeur se sont avérés les plus préjudiciables, augmentant considérablement le risque de condensation de la vapeur à l'intérieur du mur et l'infiltration d'air dans l'échantillon complet.

Même en l'absence de défauts de construction, la jonction des cadres structuraux en bois était l'une des zones les plus critiques de l'enveloppe, car elle formait à la fois un grand pont thermique et également une source de fuite d'air considérable.

Étant donné que les défauts de construction sont principalement causés par des défaillances dans le contrôle qualité, afin d'éviter une diminution excessive des performances hygrothermiques, il est recommandé d'utiliser des techniques de construction permettant un contrôle qualité amélioré. Dans cette optique, la préfabrication des enveloppes représente une

bonne option intéressante, car les conditions contrôlées des usines de préfabrication permettent un contrôle qualité accru, parmi d'autres avantages.

## Bibliographie

- [1] J. Piggot-Navarrete, P. Blanchet, M.R. Cabral, C. Perez. Investigating the impact of construction workmanship defects on the hygrothermal performance and airtightness of lightweight-structure wooden envelope systems, *Build Environ* 243 (2023) 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110705>.
- [2] Y.L. Li, M.Y. Han, S.Y. Liu, G.Q. Chen. Energy consumption and greenhouse gas emissions by buildings: A multi-scale perspective, *Build Environ* 151 (2019) 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.003>.
- [3] Transition Énergétique Québec, Fiche Diagnostic / Enjeux- Bioénergies (2017).
- [4] W. Natephra, A. Motamedi, N. Yabuki, T. Fukuda. Integrating 4D thermal information with BIM for building envelope thermal performance analysis and thermal comfort evaluation in naturally ventilated environments, *Build Environ*. (2017). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.004>.
- [5] B. Yang, M. Wu, Z. Li, H. Yao, F. Wang. Thermal comfort and energy savings of personal comfort systems in low-temperature office: A field study, *Energy Build* (2022). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112276>.
- [6] P. Muñoz, C. González, R. Recio, O. Gencel. The role of specific heat capacity on building energy performance and thermal discomfort, *CSCM* (2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01423>.
- [8] J. Rouleau, L. Gosselin, P. Blanchet. Understanding energy consumption in high-performance social housing buildings: A case study from Canada, *Energy* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.107>.
- [9] T. Rakha, Y. El Masri, K. Chen, E. Panagoulia, P. De Wilde, Building envelope anomaly characterization and simulation using drone time-lapse thermography, *Energy Build* (2022). <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111754>.
- [10] F. Hermawan, H.L. Wahyono, M.A. Wibowo, J.U.D. Hatmoko, R. Soetanto. Toward Sustainable Practices in Indonesian Building Projects: Case Studies of Construction Building Failures and Defects in Central Java (CECAR6) (2013).
- [11] M. Sandanayake, W. Yang, N. Chhibba, Z. Vrcelj. Residential building defects investigation and mitigation – a comparative review in Victoria, Australia, for understanding the way forward, *Engineering, Construction and Architectural Management* (2021). <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2021-0232>.
- [12] N. Forcada, M. Macarulla, M. Gangolells, M. Casals, A. Fuertes, X. Roca. Posthandover Housing Defects: Sources and Origins, *Journal of Performance of Constructed Facilities* (2013). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000368](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000368).
- [13] J. Alencastro, A. Fuertes, P. de Wilde. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.029>