

PROBLÉMATIQUE

- Le bruit environnemental constitue une menace reconnue pour la santé et le bien-être des occupants des bâtiments, rendant le confort acoustique un enjeu majeur dans la construction [1].
- Les isolants à base de laine minérale (laine de verre, laine de roche), largement utilisés pour l'absorption sonore dans les cavités murales, reposent sur des procédés énergivores et des ressources non renouvelables [2].
- Le contreplaqué, employé comme revêtement extérieur pour limiter la transmission sonore, présente les mêmes limites environnementales [3].
- L'industrie forestière québécoise génère d'importants volumes de résidu de bois, notamment les fibres thermomécaniques, qui demeurent largement sous-valorisés [4].
- La valorisation de ces résidus en matériaux acoustiques performants représente une voie prometteuse pour concilier confort acoustique et durabilité environnementale.

OBJECTIFS

- Évaluer l'influence de la densité sur l'absorption sonore et la perte par transmission des fibres thermomécaniques de bois, afin de déterminer la densité optimale pour chaque performance acoustique.
- Identifier les propriétés de transport non acoustiques des deux densités optimales par méthode inverse (modèle JCA).
- Intégrer ces deux densités dans un mur multicouche extérieur représentatif de la construction québécoise [5, 6] et évaluer ses performances sous champ diffus (E→I et I→E).

MÉTHODOLOGIE

Les fibres thermomécaniques de bois proviennent de résidus forestiers du Bas-Saint-Laurent (Québec), obtenues par défilage vapeur à haute température.



Figure 1 : Fibres thermomécaniques de bois

Les fibres ont été séchées en étuve, encollées avec une résine phénol-formaldéhyde (30 % solide, taux de 10 %), puis moulées par compression à chaud à 150 °C dans un moule cylindrique conçu sur mesure. Des échantillons de 100 mm de diamètre ont été fabriqués à cinq densités : 125, 150, 200, 250 et 300 kg/m³.



Figure 2 : Moule de fabrication et échantillon

L'absorption sonore et la perte par transmission ont été mesurées par tube d'impédance à trois microphones (ASTM E2611-09), sur la plage de 69 à 1920 Hz.

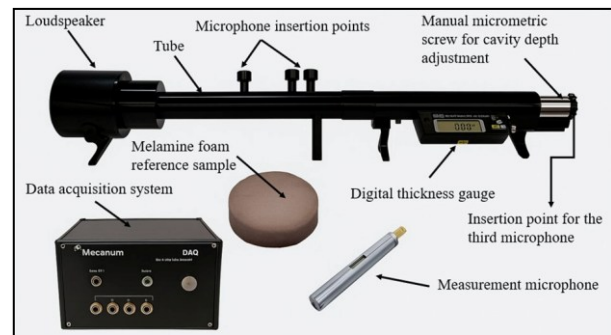


Figure 3 : Tube d'impédance Mecanum

Les propriétés de transport non acoustiques des deux densités optimales ont été identifiées par méthode inverse (modèle JCA/FOAM-X), puis intégrées dans un modèle de mur multicouche extérieur (TMM/NOVA) sous champ diffus (70–5000 Hz), pour les deux directions de propagation du son.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

- Influence de la densité sur l'absorption acoustique (fond rigide) :

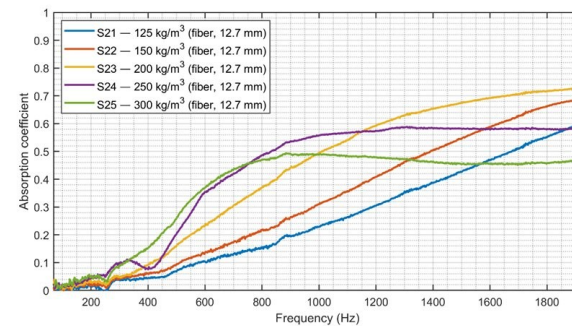


Figure 4 : Absorption vs densité (12,7 mm)

Les densités intermédiaires (200–250 kg/m³) maximisent la dissipation visco-thermique en assurant un équilibre optimal entre résistivité au passage de l'air et porosité. La densité de 200 kg/m³ est retenue comme optimale pour l'absorption sonore.

- Influence de la densité sur la perte par transmission (cavité 50 mm) :

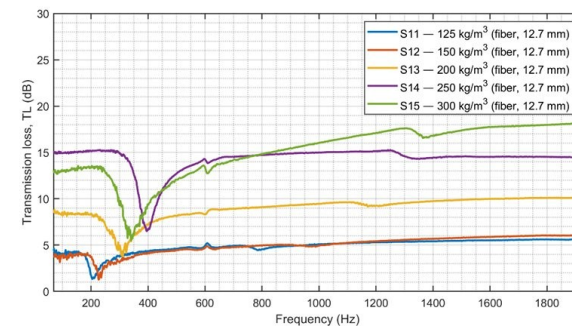


Figure 5 : Perte par transmission vs densité (12,7 mm)

La perte par transmission croît avec la densité en raison de l'augmentation de la masse surfacique, conformément à la loi de masse. La densité de 300 kg/m³ est retenue comme optimale pour l'isolation acoustique.

CARACTÉRISATION NUMÉRIQUE (JCA / FOAM-X)

Afin d'intégrer le matériau dans le modèle de mur multicouche sous NOVA, les propriétés de transport non acoustiques ont été identifiées par méthode inverse (JCA / FOAM-X) pour les deux densités retenues : 200 kg/m³ (couche absorbante interne) et 300 kg/m³ (couche isolante externe).

Densité ρ (kg·m ⁻³)	Porosité ϕ	Résistivité σ (N·s·m ⁻⁴)	Tortuosité α^∞	Long. visc. Λ (μm)	Long. therm. Λ' (μm)	Λ'/Λ	Coeff. corr. (R)
200	0,756	100 333	1,485	150,3	335,7	2,23	0,9889
300	0,703	200 404	1,652	105,8	251,2	2,37	0,9764

Tableau 1 : Propriétés de transport JCA identifiées

INTÉGRATION DANS UN MUR MULTICOUCHE EXTÉRIEUR

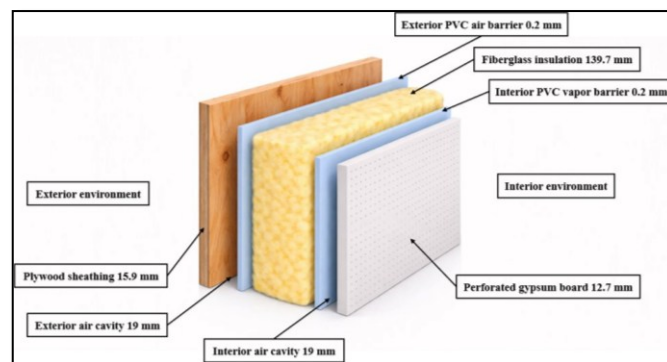


Figure 6 : Assemblage mural multicouche extérieur de référence (Québec) [5, 6]

La laine de verre est remplacée par les fibres de bois à 200 kg/m³ (couche absorbante interne) et le contreplaqué par les fibres de bois à 300 kg/m³ (couche isolante externe). La réponse acoustique est calculée par la méthode des matrices de transfert (TMM) sous NOVA, en champ diffus (70–5000 Hz), pour les deux directions de propagation.

PERFORMANCES ACOUSTIQUES DU MUR MULTICOUCHE

- Absorption en champ diffus (I→E et E→I) :

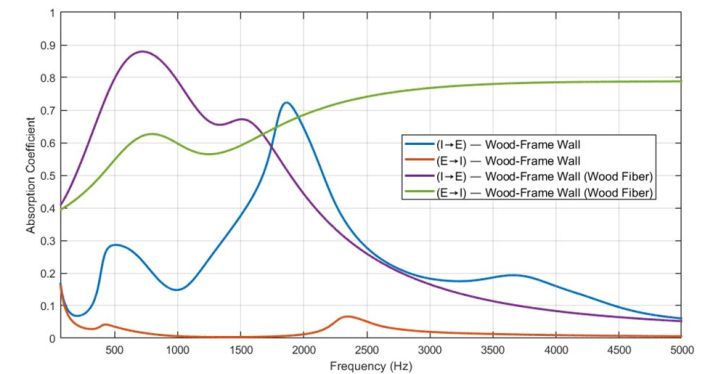


Figure 7 : Absorption en champ diffus

La configuration biosourcée présente une absorption nettement supérieure dans les deux directions de propagation. En configuration I→E, le pic d'absorption est décalé vers les basses fréquences avec des niveaux plus élevés, ce qui améliore le contrôle du bruit intérieur. En configuration E→I, le passage d'un régime quasi non absorbant à un régime de forte absorption confirme l'efficacité du matériau biosourcé à dissiper l'énergie acoustique incidente plutôt qu'à la réfléchir vers l'environnement extérieur.

- Perte par transmission en champ diffus (I→E et E→I) :

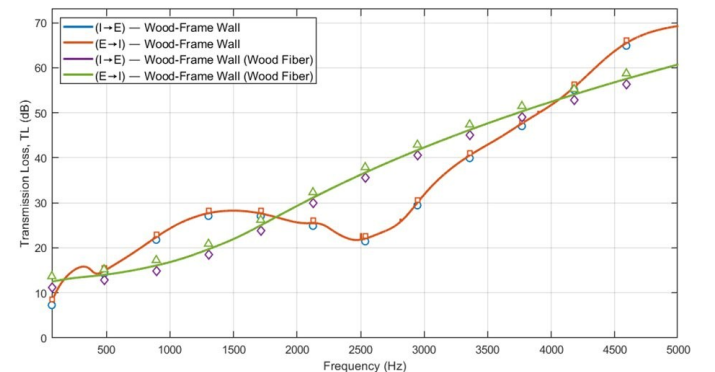


Figure 8 : Perte par transmission en champ diffus

La perte par transmission de la configuration biosourcée est globalement comparable à celle de la configuration conventionnelle, avec un comportement plus stable. Les courbes des deux sens de propagation sont confondues, car la transmission dépend de la réponse dynamique globale du multicouche (masse et impédance) et non de la séquence des couches. La chute de performance aux fréquences intermédiaires est atténuée grâce à l'amortissement distribué des couches poreuses de fibres de bois.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude démontre le potentiel des fibres thermomécaniques de bois, issues des résidus de l'industrie forestière québécoise, comme alternative durable aux matériaux acoustiques conventionnels. La caractérisation expérimentale a permis d'identifier deux densités optimales, 200 kg/m³ pour l'absorption sonore et 300 kg/m³ pour la perte par transmission, dont les propriétés de transport ont été identifiées par méthode inverse.

L'intégration de ces deux densités dans un mur multicouche extérieur conforme aux pratiques constructives québécoises offre un compromis équilibré entre absorption et perte par transmission. En configuration I→E, l'amélioration de l'absorption contribue à la réduction de la réverbération et au confort acoustique intérieur. En configuration E→I, la diminution des ondes sonores réfléchies vers l'extérieur participe à la limitation de la pollution sonore en milieu urbain. La perte par transmission demeure comparable à celle de la configuration conventionnelle, avec un comportement plus stable sur l'ensemble du spectre.

Ces résultats confirment que les fibres thermomécaniques de bois constituent une alternative performante, renouvelable et localement disponible pour les enveloppes du bâtiment au Québec, alliant efficacité acoustique et valorisation des ressources forestières.

Les travaux futurs porteront sur la validation expérimentale des résultats numériques, l'évaluation des performances thermiques et de la durabilité sous les conditions climatiques sévères du Québec, ainsi que l'applicabilité globale en bâtiment réel.

RÉFÉRENCES

[1] World Health Organization, *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe, 2018.
 [2] F. Asdrubali, F. D'Alessandro, and S. Schiavoni, "A review of unconventional sustainable building insulation materials," *Energy and Buildings*, vol. 144, pp. 262–289, 2017.
 [3] G. P. Hammond and C. I. Jones, *Inventory of Carbon and Energy (ICE), Version 3.0*. Bath, U.K.: Univ. of Bath, 2011.
 [4] Gouvernement du Québec, *Investir dans l'industrie des produits forestiers du Québec, 2025*.
 [5] BP Canada, *Assemblages muraux pour le Québec – Conformés aux exigences du Code de construction*, Building Products of Canada, 2018.
 [6] Régie du bâtiment du Québec, *Code de construction du Québec, Chapitre I – Bâtiment*. Québec, QC, Canada: Gouvernement du Québec, 2022.