

Conception et caractérisations d'un isolant innovant à base de coproduits d'usinage et de champignon : le myco-composite !



UNIVERSITÉ DE LORRAINE



FIGEL Laura¹, AYADI Melek¹, AGUILAR Kyle¹, SAKER Safwan², ROSE Christophe³, PERRIN Christelle¹, ANTOINE Marie-Laure¹, LALLEMAND Julien¹, REMOND Romain¹, MOUGEL Eric¹, LE COZ Gaël⁴, HASSAN Alaa⁵, BOUDAUD Hakim⁵, VAHABI Henri⁶, FRECHAM Victor⁷, MEYER Julien⁷, BESANCON Franck⁷, BROSE Nicolas¹, BESSERER Arnaud¹

¹LERMAB, Université de Lorraine, USC INRAE 1445, Epinal
²CRITT Bois, Epinal
³INRAE, Centre Grand-Est, Champenoux
⁴LEM3, Université de Lorraine, UMR CNRS 7239, Metz

⁵ERPI, Université de Lorraine, Nancy
⁶LMOPS, Université de Lorraine, CentraleSupélec, Saint-Avold
⁷MAP-Crai, Université de Lorraine, UMR CNRS 3495, Nancy



Contact : laurafigel@univ-lorraine.fr

Contexte



Critères	Isolant actuel ¹	Isolant innovant
Matières premières	Fibres synthétiques, polystyrène, etc.	Bois + mycélium
Fabrication	Processus industriel énergivore	Processus biologique, croissance naturelle
Additif	Oui (additifs chimiques souvent nécessaires)	Non (le mycélium agit comme colle naturelle)
Biodégradabilité	Non biodégradables pour la majorité	Entièrement biodégradables
Recyclage	Recyclage coûteux ou impossible (filère inexistante)	Compostable, sans coût supplémentaire
Impact environnemental	Elevé, émission de CO ₂ lors de la production	Faible impact

→ Isolant durable

Solution écologique pour l'isolation²



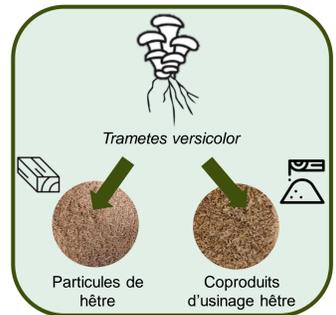
Objectifs

Concevoir et développer un matériau isolant innovant : **le myco-composite**

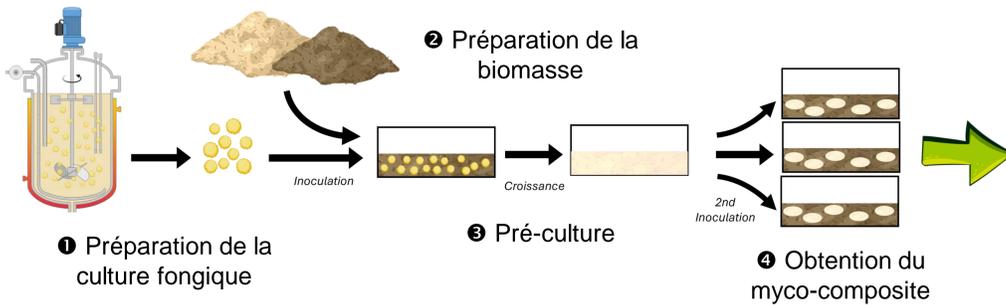
✓ Fabriquer 2 types de myco-composites

✓ Évaluer leur potentiel isolant

→ Déterminer la combinaison optimale pour les meilleures propriétés isolantes



Matériels & méthodes



Caractérisations :

Analyse structurelle

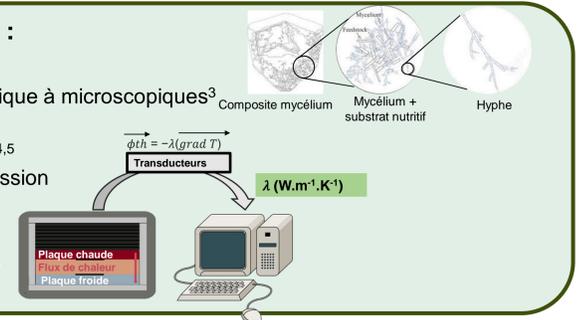
De l'échelle macroscopique à microscopiques³

Propriétés mécaniques^{4,5}

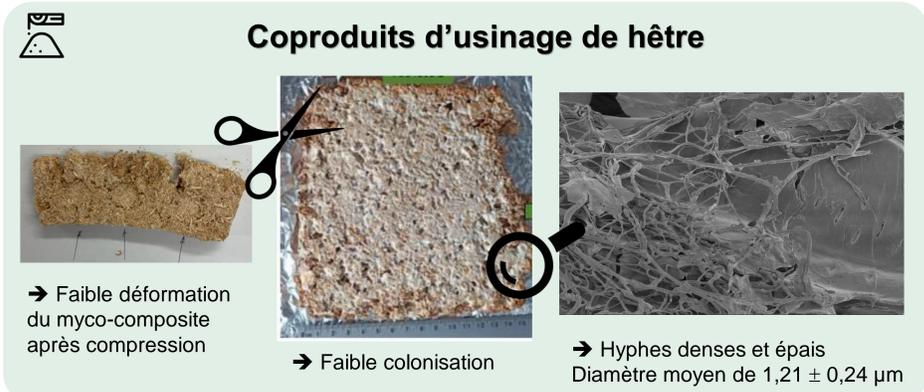
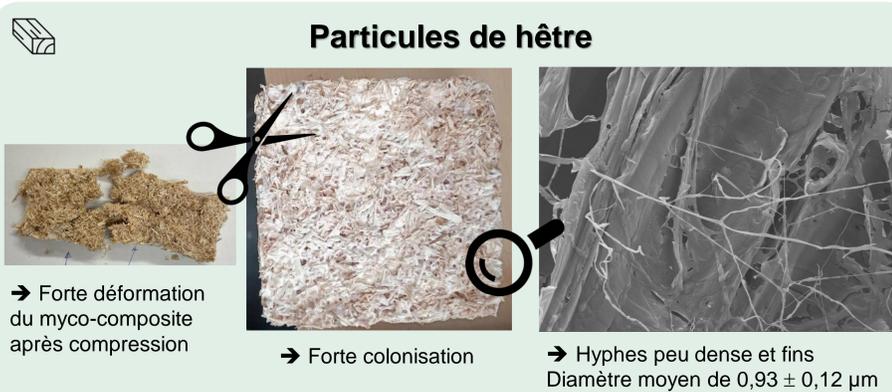
Résistance à la compression

Propriétés thermiques⁶

Conductivité thermique



Résultats

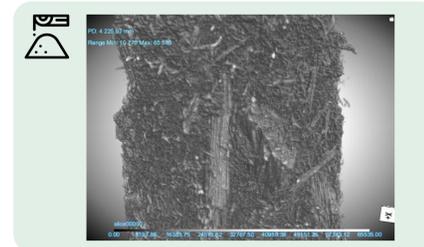
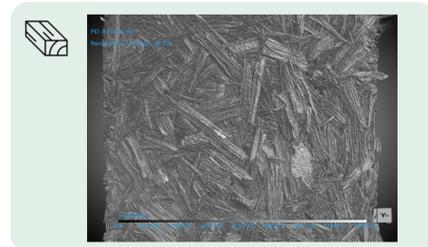


	Masse volumique (kg/m ³)	λ (W/m.K)	Résistance thermique (m ² .K/W)*	Force de compression (kPa)**	Références
Myco-composite hêtre	200 ± 10	0.06451	(30)0,46	CS(10Y)50 ± 10	Cette étude
Myco-composite coproduits hêtre	177 ± 13	0.05673	(30)0,53	CS(10Y)92 ± 33	Cette étude
Myco-composites dans la littérature	En moyenne 150	de 0,04 à 0,08 ⁶	NPD	de CS(10Y)40 à 350 ⁷	Jones <i>et al.</i> , 2020 ; Elsacker <i>et al.</i> , 2019
Fibre de bois	55 ± 5	0,036 à 0,046	(50)1,35	NPD	Pavatex® (Soprema)
Poluréthane	33 ± 3	0,022 à 0,025	(30)1,30	CS(10Y)175	Soprema

NPD signifie non défini
 *(X) représente l'épaisseur du myco-composite en mm
 ** CS(10Y)X ± X : CS signifie compression strength, 10Y signifie à 10 % de déformation

→ Différence significative de propriétés isolantes en fonction de la granulométrie de la biomasse utilisée

- Meilleure colonisation avec les particules mais hyphes peu denses et fins
- Meilleure conductivité thermique avec les coproduits d'usinage
- Structure et qualité de l'interaction entre les hyphes fongiques et le substrat sont plus déterminantes pour la résistance à la compression que la simple quantité de mycélium



→ Porosité plus importante des myco-composites à base de coproduits

→ Réduction de la composante de conduction thermique du transfert thermique

→ Les myco-composites à base de déchets d'usinage semblent être plus adaptés à une application d'isolation

Conclusions et perspectives

→ Les myco-composites ont du potentiel en tant qu'alternative durable aux isolants conventionnels

→ Les myco-composites fabriqués à partir de déchets d'usinage présentent des qualités d'isolation meilleures que ceux à base de particules

→ Valorisation des résidus industriels !



- Optimiser la formulation pour obtenir de meilleures caractéristiques isolantes :
 - Mélange de biomasses
 - Utilisation de bois déchets
- Scale-up : utiliser les myco-composites comme isolant dans des parois conçues en Stratoconception®

Références

- [1] Alemu, D., Tafesse, M., & Mondal, A. K. (2022). Mycelium-based composite: The future sustainable biomaterial. *International journal of biomaterials*, 2022(1), 8401528.
- [2] Alaneme, K. K., Anaele, J. U., Oke, T. M., Kareem, S. A., Adediran, M., Ajibwa, O. A., & Anabaranze, Y. O. (2023). Mycelium based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. *Alexandria Engineering Journal*, 83, 234-250.
- [3] Elsacker, E., Vandeloock, S., Van Wylck, A., Roylins, J., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites. *Science of The Total Environment*, 725, 138431.
- [4] Haneel, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Scientific reports*, 7(1), 41292.
- [5] Appels, F. V., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijksterhuis, J., ... & Wösten, H. A. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64-71.
- [6] Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., & John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal bioferries: A critical review. *Materials & Design*, 187, 108397.
- [7] Elsacker, E., Vandeloock, S., Brancart, J., Peeters, E., & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS One*, 14(7), e0213954.

Remerciements

Ce projet est financé par Lorraine Université d'Excellence



Les auteurs remercient le CETELOR pour les mesures de conductivité thermique