

Titre de la thèse

Laines végétales optimisées pour le confort intérieur : couplage du traitement au feu et des performances acoustiques et hygrothermiques

Niveau recommandé

Master recherche (M2) ou équivalent

Compétences requises

Domaines scientifiques : Acoustique, hygrothermique, matériaux

Description

Contexte

Dans la lutte contre le dérèglement climatique, l'utilisation des laines végétales dans le domaine des bio-constructions présente les intérêts majeurs d'une gestion plus durable des ressources naturelles, ainsi que le stockage de carbone atmosphérique. Les laines végétales contribuent également fortement à l'amélioration des confort intérieurs acoustiques et hygrothermiques^{1,2}, des enjeux forts pour l'habitat et les espaces de travail.

Néanmoins, ces matériaux, riches en cellulose et en hémicellulose, sont généralement mal classés du point de vue de leurs réaction et résistance au feu en raison de leurs caractères inflammable et propagateur de flammes³. Pour être utilisés comme panneaux apparents dans les Etablissements Recevant du Public (ERP), il est donc nécessaire de leur appliquer un traitement d'ignifugation⁴. Cependant, l'impact de ces traitements sur les performances acoustiques et hygrothermiques des laines, associées principalement à leur microstructure fibreuse et poreuse, reste encore peu maîtrisé. De plus, malgré une contribution plus adaptée au confort intérieur que les laines minérales, l'épaisseur plus importante des panneaux de laines végétales traditionnellement utilisés dans la construction, de l'ordre de 10 cm, est un facteur limitant leur utilisation.

Ainsi, tous ces éléments constituent, pour la filière du bâtiment, des freins majeurs au développement de produits à base de fibres végétales pour le confort intérieur.

Objectifs

Dans ce contexte, pour développer plus largement l'utilisation des laines végétales, les objectifs de la thèse sont :

- d'adapter et d'optimiser des traitements au feu compatibles avec les laines végétales⁴. Il sera nécessaire de mieux comprendre l'influence des traitements d'ignifugation aux échelles des fibres et du matériau, notamment sur la porosité et la résistivité à l'air, puis de modéliser leurs impacts sur les propriétés acoustiques et hygrothermiques des panneaux isolants.
- de concevoir des isolants biosourcés avec une épaisseur limitée (inférieure à 50 mm) tout en conservant à la fois la capacité d'absorption acoustique des basses fréquences et les propriétés hygrothermiques. Pour cela, il est nécessaire d'exploiter les phénomènes physiques de localisation notamment à travers les opportunités offertes par les phénomènes de double porosité, les approches composites¹ ou encore plus généralement les méta-matériaux⁵.

Ressources

Différents partenaires sont impliqués dans cette thèse pour la mise en œuvre des laines végétales, les traitements d'ignifugation, et pour la caractérisation et la modélisation de leurs propriétés :

- La fabrication de laines de composition contrôlée à l'échelle pilote, représentative de l'échelle industrielle, sera réalisée sur la plateforme technologique CETELOR (Centre d'essais Textile Lorrain), rattachée à l'Université de Lorraine et dédiée à la recherche et au développement de matériaux souples et composites à base de fibres naturelles ou techniques.
- Les traitements d'ignifugation et les essais de tenue au feu seront menés dans le centre d'innovations en matériaux et procédés Materia Nova, rattaché à l'Université de Mons en Belgique.
- Les autres caractérisations expérimentales auront lieu au sein du laboratoire de l'UMRAE à Strasbourg (acoustique et hygrothermique à l'échelle matériau), du laboratoire CPDM à Champs-sur-Marne (caractérisations physico-chimiques et microstructurales) et à l'ENTPE à Vaulx-en-Velin (acoustique échelle paroi).

Méthodologie

Année 1 : le premier semestre consistera, au sein de l'UMRAE (Strasbourg), à s'approprier les connaissances relatives aux propriétés multi-physiques des laines végétales (matériaux disponibles sur le marché) par un travail bibliographique et des caractérisations expérimentales en laboratoire. Le second semestre sera découpé en deux phases. La première, de 2 mois environ, en partenariat avec le CETELOR (Epinal), permettra d'investiguer l'ensemble des leviers mobilisables dans la fabrication de panneaux de laines végétales. La seconde phase, de 4 mois, se déroulera au laboratoire Materia Nova (Mons en Belgique) afin de travailler sur les traitements d'ignifugation des laines puis de réaliser les essais au feu sur les différents matériaux traités.

Année 2 : le premier semestre de la 2^{ème} année de thèse se déroulera au sein du laboratoire CPDM de l'UGE (Marne-la-Vallée) afin de réaliser notamment des caractérisations physico-chimiques sur les matériaux traités, ainsi que des simulations micro-macro afin de modéliser l'impact du traitement d'ignifugation sur leurs performances acoustiques et hygrothermiques. Le second semestre sera consacré aux caractérisations expérimentales des propriétés acoustiques et hygrothermiques des matériaux traités (Strasbourg) afin de valider les simulations précédemment réalisées, d'alimenter les connaissances et de compléter les bases de données aux échelles fibre et matériau. Au cours de ce semestre, des techniques d'optimisation de l'épaisseur des matériaux seront développées en s'appuyant sur les derniers travaux en lien avec les méta-matériaux.

Année 3 : cette dernière année se déroulera au sein de l'UMRAE (Strasbourg). Après avoir levé le verrou concernant la réduction de l'épaisseur des isolants biosourcés, l'objectif sera de coupler tous ces travaux avec ceux menés concernant l'ignifugation des matériaux afin de conduire à une optimisation conjointe entre les propriétés acoustiques et hygrothermiques et l'épaisseur des matériaux et de développer un prototype de laine végétale traitée au feu en partenariat avec le CETELOR. Une campagne de mesures sera alors menée à l'ENTPE afin de valider les propriétés des matériaux optimisés à l'échelle de la paroi. En cas de besoin, des campagnes de caractérisations complémentaires ponctuelles pourront être menées notamment au sein du laboratoire CPDM de l'UGE.

Ainsi, tous ces travaux aboutiront à :

- L'élaboration d'outils d'optimisation opérationnels utilisables par les professionnels du bâtiment en s'appuyant sur les modélisations couplées feu-acoustique-hygrothermique développées.
- La mise en œuvre d'un prototype sur site traité au feu et d'épaisseur optimisée suivant différentes applications types : faux plafond, baffles acoustiques, etc.

En plus de la valorisation des résultats par des publications d'articles et des communications scientifiques, ce sujet de thèse offre l'opportunité au doctorant d'approfondir et de développer ses connaissances sur les propriétés acoustiques, hygrothermiques et physico-chimiques des fibres végétales et des matériaux biosourcés.

Références

- 1 Piégay, Glé, Gourdon, Gourlay and Marceau. *Acoustical model of vegetal wools including two types of fibers*. App. Acoust. 129, 2018.
 - 2 Piégay, Glé, Gourdon, Gourlay, *A cylindrical self-consistent modelling of vegetal wools thermal conductivity*, Constr. Build. Mater. 232, , 2020.
 - 3 Freivalde et al. *Flammability of raw insulation materials made of hemp*. Comp. Part B: Engineering 67, 2014.
 - 4 Laoutid et al. *Novel bio-based flame retardant systems derived from tannic acid*. J. Renew. Mater. 6, 2018.
 - 5 Lagarrigue et al. *Absorption of sound by porous layers with embedded periodic arrays of resonant inclusions*. J. Acoust. Soc. Am. 134, 2013.
 - 6 Piégay, Glé, Gourdon, Gourlay and Marceau. *A self-consistent approach for the acoustical modeling of vegetal wools*. J. Sound Vib. 495, 2021.
-

Profil recherché

Le sujet de cette thèse requière une formation initiale (Master 2 ou équivalent) en acoustique ou génie civil ou sciences des matériaux. Des notions sur les propriétés acoustiques et physico-chimiques des matériaux, ainsi que sur les transferts hygrothermiques sont recommandées. Le ou la candidat(e) devra avoir un attrait à la fois pour les investigations expérimentales en laboratoire et la modélisation des différents phénomènes physiques. Il est donc également souhaitable que le ou la candidat(e) possède des compétences en programmation scientifique (Python). Des qualités rédactionnelles en français et en anglais sont attendues. Les travaux réalisés seront valorisés par la publication d'articles scientifiques dans des revues à comités de lecture, ainsi que par au minimum une conférence internationale.

École Doctorale

L'étudiant sera inscrit dans l'école doctorale « Sciences, Ingénierie et Environnement » (SIE – ED531) (<https://www.paris-est-sup.fr/>).

Lieu de la thèse

- Uni Eiffel, Campus Lyon** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)
- Uni Eiffel, Campus Nantes** (route de Bouaye, CS4, F-44344 Bouguenais Cedex)
- Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

Encadrement

- **Directeur de thèse :**

Sandrine MARCEAU, Chargée de Recherche, Université Gustave Eiffel, MAST/CPDM, sandrine.marceau@univ-eiffel.fr

- **Co-encadrants de thèse :**

Clément PIEGAY, ITPE-Docteur, Cerema UMRAE, clement.piegay@cerema.fr

Emmanuel GOURDON, IDTPE Chercheur-enseignant HDR, ENTPE (LTDS UMR CNRS 5513, LabexCeLyA), emmanuel.gourdon@entpe.fr

Financement

- Cerema – Université Gustave Eiffel

Contact

Les candidatures sont à remonter avec CV et lettre de motivation avant le 10 avril 2022 à :

M. Clément PIEGAY

Tél. 03 88 77 46 52

Email : clement.piegay@cerema.fr

www.umrae.fr