



ACTES DU COLLOQUE



Caractérisation et performances thermiques des fibres de *Furcraea Foetida* en tant que matériau isolant en vrac

Hélène CAILLET^{1,2}

helene.caillet@univ-reunion.fr

Julie BASCAULES^{1,2}

julie.bascaules@gmail.com

Youssoufou MAHAMAN²

yousoufou.mahaman-laouali-souley@univ-reunion.fr

Patrick ROUSSET³

patrick.rousset@cirad.fr

Jean-François MARTIN¹

jean-francois.martin@univ-reunion.fr

Laetitia ADELARD^{1,2}

laetitia.adelard@univ-reunion.fr

Olivier MARC^{1,2}

olivier.marc@univ-reunion.fr

¹ IUT de Saint-Pierre

40 Avenue De Soweto, Saint-Pierre, 97410, La Réunion

² Laboratoire Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie, l'environnement et le bâtiment (PIMENT)

15 Avenue René Cassin Sainte-Clotilde, 97715, La Réunion

³ CIRAD UPR BioWooEB

73 Rue Jean François Breton, 34398, Montpellier

Thèmes – Environnement - Matériaux - Thermique - Génie civil.

Résumé – À la Réunion, le *Furcraea Foetida* (communément appelé choka) est une espèce invasive non valorisée. Parallèlement, dans le secteur de la construction, les isolants classiques, telle que la laine de roche, permettent de réduire les consommations énergétiques des bâtiments, mais génèrent des impacts environnementaux négatifs notamment en fin de vie. Il est donc crucial de proposer des solutions conjuguant les économies d'énergie et la valorisation des déchets. Pour répondre à ces enjeux, cette étude porte sur la valorisation des feuilles de choka, à travers le développement d'isolant thermique biosourcé à base de fibres de choka. Dans un premier temps, nous caractérisons les fibres de choka (diamètre et rendement de défibrage). Dans un deuxième temps, nous évaluons (i) la conductivité thermique apparente et (ii) la teneur en eau de l'isolant en vrac de choka pour deux densités (0,018 et 0,022). Le diamètre moyen des fibres est de 161 µm. Le rendement de défibrage obtenu est de l'ordre de 1,3 %. La conductivité thermique minimale est de 0,066 W/m.K pour une densité de 0,022. L'augmentation de la densité permet de réduire la conductivité.

Mots-Clés – Isolant thermique, fibres, matériaux biosourcés, *Furcraea Foetida*.

1 Introduction

L'isolation des bâtiments est devenue incontournable pour réduire les dépenses énergétiques. En effet, le plan de sobriété énergétique, lancé en 2022, vise à réduire la dépendance de la France aux énergies fossiles et une réduction de sa consommation d'énergie de 40 % d'ici 2050. La Réunion, territoire insulaire situé dans l'Océan Indien, est particulièrement vulnérable énergétiquement avec un taux de dépendance énergétique de 88,2 % (charbon, fiouls lourds et carburants).

Dans le domaine de la construction, les isolants non biosourcés génèrent des impacts environnementaux importants. Les isolants majoritairement utilisés sont la laine de verre, la laine de roche et le polystyrène. En fin de vie, ces matériaux sont théoriquement recyclables, cependant il n'existe que très peu de centres de recyclage en métropole, tandis qu'ils sont enfouis à La Réunion.

Nous faisons donc face à un double enjeu, la nécessité de réduire les dépenses énergétiques et de valoriser nos déchets. A La Réunion, une espèce invasive [1] le *Furcraea Foetida*, appelé également choka vert ou cadère prolifère sur les terres. Le choka vert peut être valorisé sous différents aspects grâce à l'extraction des fibres contenues dans ses feuilles. Dans ce sens, la présente étude porte sur le développement d'isolants biosourcés à partir de ressources locales, les fibres de feuilles de choka.

2 Préparation des fibres et de l'isolant en vrac



Figure 1 – étapes de la préparation de l'isolant en vrac à base de fibres de choka

La première étape porte sur la préparation des fibres de choka. Les feuilles de *Furcraea Foetida* sont récupérées à Saint-Pierre et directement défibrées. Pour ces essais, nous avons choisi d'extraire les fibres par raclage manuel grâce à un couteau et une table jusqu'à l'obtention de fibres sans résidu non cellulosique à la surface des fibres. Les fibres sont ensuite séparées de sorte à ne pas avoir d'amas de fibres, et placées en vrac dans la boîte d'essai de conductivité.

3 Caractérisation des fibres de feuilles de choka

Pour la caractérisation, nous étudions le diamètre et la masse de fibres par feuille et le rendement de défibrage.

Le diamètre des fibres est mesuré à l'aide d'un microscope équipé d'un oculaire gradué étalonné avec une lame de calibration. Un diamètre moyen d'une fibre est calculé en prenant dix valeurs le long d'une même fibre. Nous estimons ensuite le diamètre moyen à partir des mesures réalisées sur trois fibres de choka.

Le rendement de défibrage est le ratio en pourcentage entre la masse des feuilles et celle des fibres extraites.

4 Evaluation de la conductivité thermique apparente de l'isolant de choka

Nous étudions la conductivité thermique apparente de deux échantillons d'isolant de fibres en vrac, le premier avec une densité de 0,018 et le second avec une densité de 0,022.

Expérimentalement, nous avons utilisé une cellule de mesure de conductivité. Le matériau est placé dans une boîte (27x27x4 cm) à température constante froide, puis un flux de chaleur est imposé à la boîte uni-directionnellement jusqu'à ce que le régime permanent soit atteint. Les températures de surface supérieure et inférieure de la boîte, à l'intérieur de la source chaude et dans la salle sont mesurées. Bien que les pertes soient faibles, il y a des pertes latérales puisque la température à l'intérieur de la source chaude est légèrement supérieure à la température de la salle. La conductivité thermique et la constante de refroidissement sont calculées avec les expressions suivantes :

$$\dot{q}_1 = C(T_B - T_a)$$

\dot{q}_1 : pertes latérales, W

C : constante de refroidissement de la boîte chaude, W/°C

T_B : température à l'intérieur de la source chaude, °C

T_a : température de la salle d'expérimentation, °C

En régime permanent :

$$\dot{q} = \frac{\lambda A}{e}(T_C - T_F) + \dot{q}_1$$

\dot{q} : flux de chaleur émis par effet joule par la résistance, W

λ : conductivité thermique de l'échantillon, W/m.K

A : aire de l'échantillon, m²

e : épaisseur de l'échantillon, m

T_C : température de surface supérieure (côté chaud), °C

T_F : température de surface inférieure (côté froid), °C

Avec :

$$\dot{q} = \frac{U^2}{R}$$

U : tension, V

R : résistance, Ohm

En fonction des densités d'échantillon, nous avons opté pour une tension d'alimentation de 42 V. Nous effectuons deux mesures qui encadrent cette valeur (37 et 47 V) afin de déterminer la constante de refroidissement et la conductivité thermique. Elle est ensuite validée par un troisième essai avec une tension de 42 V et la constante de refroidissement précédemment obtenue. Nous effectuons ensuite la moyenne des deux conductivités calculées. Pour fiabiliser les résultats, ces essais sont réalisés en triplicat pour chaque échantillon.

5 Influence de la teneur en eau de l'isolant

L'échantillon est placé dans la salle deux jours avant le début des essais afin de s'assurer de son équilibre thermique et hydrique avec l'environnement de la salle d'expérimentation. La teneur en eau de l'échantillon est évaluée avant et après chaque essai de conductivité afin de vérifier qu'elle ne varie pas au cours de l'essai, ce paramètre impactant la valeur de la conductivité thermique du matériau [3].

La teneur en eau est calculée à partir des masses à température ambiante (avant et après essai) et la masse sèche de chaque échantillon. Cette dernière est obtenue après le séchage de l'isolant à 105 °C pendant 24 h.

6 Résultats

6.1 Caractéristiques dimensionnelles des fibres et rendement du défibrage

Le diamètre moyen des fibres est de $161 \pm 45 \mu\text{m}$. Les diamètres inférieur et supérieur sont de 100 et 245 μm . L'écart-type élevé est dû au fait que le diamètre des fibres est nettement plus faible aux extrémités de celles-ci qu'en partie centrale. Le procédé d'extraction peut également abimer les fibres en réduisant leur diamètre.

La masse totale des 21 feuilles récoltées est de 4583,1 g, nous en avons extrait 60,3 g de fibres. La masse moyenne de fibres par feuille est donc de 2,9 g. Le rendement est estimé à 1,3 %, ce qui est proche des valeurs de la littérature (1 %) [4].

6.2 Conductivité thermique apparente et teneur en eau de l'isolant

Les conductivités thermiques moyennes obtenues sont de 0,066 et 0,079 W/m.K pour des densités respectives de 0,022 et 0,018 (cf. Tableau 1). La conductivité diminue avec l'augmentation de la densité de l'isolant. Il est nécessaire de tester d'autres configurations afin de réduire la conductivité thermique pour atteindre des valeurs de l'ordre de celles des isolants classiques de type laine de roche de 0,040 W/m.K (cf. Tableau 1). Une étude sur le chanvre a permis d'obtenir une conductivité thermique de 0,040 W/m.K pour une densité de 0,085 [2].

La teneur en eau reste inférieure à 10 % pour l'ensemble

des essais et varie peu au cours des essais. Pour des panneaux de fibres de bois, une teneur en humidité de 14,29 % en comparaison à un échantillon sec, entraîne une augmentation de la conductivité thermique de 0,049 à 0,060 W/m.K à 20 °C, et de 0,052 à 0,067 W/m.K à 30 °C [3].

Tableau 1 – comparaison des densités (conditionnement en vrac), conductivités thermiques, constantes de refroidissement et teneurs en eau des échantillons avec la littérature

Matériau	Densité	$\lambda_{moyenne}$ W/m.K	C W/°C	W_{av} %	W_{ap} %
Choka	0,018	0,079	0,236	8,49	8,77
Choka	0,022	0,066	0,263	8,37	9,68
Chanvre [2]	0,085	0,040	-	-	-
Laine de roche	-	0,035-0,039	-	-	-

7 Conclusions

Nous avons déterminé la conductivité thermique apparente d'un isolant en vrac à base de fibres de choka pour deux densités. Nous remarquons que l'augmentation de la densité permet de réduire la conductivité. Par conséquent, des densités supérieures seront testées ultérieurement. De plus, d'autres conditionnements seront également étudiés, tel que le mélange de fibres avec des liants organiques. Enfin, nous évaluerons l'impact de l'humidité relative sur la conductivité du matériau.

8 Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à l'IUT de Saint-Pierre (La Réunion) pour le financement du matériel et les étudiants Éric Cazeau, Loïck Payet et Damien Siconine pour leur participation à ce projet.

Références

- [1] C. Barbosa, J. M. Otorola, E. L. Giehl, F. Villalobos, R. Loyola G. Tessarolo, N. Machado, T. T. Castellani, *Changes in the realized niche of the invasive succulent CAM plant *Furcraea foetida**, Austral Ecol., 42-6 (2017) 643-654.
- [2] P. Kosinski, P. Brzyski, A. Szewczyk, W. Motacki, *Thermal properties of raw hemp fiber as a loosefill insulation material*, J. Nat. Fibers., 15-5 (2018) 717-730.
- [3] E. Troppovà, M. Svehlik, J. Tippner, R. Wimmer, *Influence of temperature and moisture content on the thermal conductivity of wood-based fibreboards*, Mater. Struct., 48-12 (2015) 4077-4083.
- [4] T. Totong, W. Wardiningsih, M. Al-Ayyuby, R. Wanti, R. Rudy, *Extraction and Characterization of Natural Fiber from *Furcraea foetida* Leaves as an Alternative Material for Textile Applications*, J. Nat. Fibers., 19-13 (2021) 6044-6055.