



OFFRE DE THESE

Septembre 2026 - Septembre 2029

Comportement mécanique, fissuration et durabilité des composites cimentaires renforcés par des fibres végétales

Contexte

Dans le secteur du génie civil, l'amélioration des performances mécaniques des matrices minérales, telles que les bétons ou mortiers, est de plus en plus souvent nécessaire. L'incorporation de renforts fibrés est la solution souvent utilisée pour augmenter significativement la résistance à la traction et maîtriser la propagation des fissures. Historiquement, cette approche s'est appuyée sur des fibres synthétiques (polypropylène) ou minérales (verre, acier). Cependant, ces ressources présentent aujourd'hui des limites critiques : leur coût élevé, leur dépendance aux énergies fossiles et l'impact environnemental de leur production, marquant un besoin vers une alternative plus durable.

Face à ce constat, les fibres biosourcées, notamment issues du lin, du chanvre ou du jute, émergent comme des alternatives prometteuses, incarnant la durabilité et le renouvelable. Les lignocellulosiques végétales ne possèdent pas seulement un faible impact carbone ; elles offrent également des propriétés mécaniques élevées pour renforcer les matériaux cimentaires. L'exploitation de ces ressources régionales constitue non seulement un levier économique vert mais répond également à une demande mondiale croissante en construction bas-carbone.

Malgré ce fort potentiel, les recherches consacrées aux composites cimentaires renforcés par des fibres végétales dans des applications nécessitant des performances mécaniques significatives demeurent relativement limitées. La littérature existante se concentre majoritairement sur les fonctions d'isolation ou ne caractérise que de manière superficielle le comportement structurel.

Verrous scientifiques

Les études sur les performances des composites cimentaires incorporant des fibres végétales se développent et fournissent des données expérimentales sur les propriétés de ces matériaux. Toutefois, plusieurs verrous scientifiques demeurent et limitent le développement des composites cimentaires biofibrés dans la construction :

1) Effets des traitements de fibres sur le composite à l'état durci. Si plusieurs traitements ont été étudiés à l'échelle de la fibre ou de l'état frais, leurs effets combinés sur les propriétés mécaniques à l'état durci (résistance, ténacité, comportement post-fissuration) et leur interaction avec la nature du liant cimentaire n'ont pas été caractérisés. La relation entre les modifications induites par le traitement (chimie de surface, hygroscopicité) et les propriétés macroscopiques du composite reste à établir.

2) Comportement mécanique et résistance à la fissuration. Si les fibres végétales améliorent qualitativement le comportement post-fissuration des composites cimentaires, la caractérisation quantitative de ces améliorations reste insuffisante. Les paramètres clés (ténacité, ouverture critique de fissure, longueur d'arrachement et degré de ductilité) sont rarement mesurés de façon systématique dans la littérature sur les composites biofibrés. Les essais normalisés de résistance en flexion ou en compression ne permettent pas d'y accéder : des protocoles spécifiques sont nécessaires (courbes charge-déflexion instrumentées, essais sur entaille, corrélation d'images numériques). Par ailleurs, le passage d'un comportement fragile à quasi-ductile, conditionné par le rapport entre résistance interfaciale et résistance propre de la fibre, est mal documenté pour les fibres de lin et de chanvre, notamment sous l'effet des traitements et du vieillissement.

3) Évolution de la ZTI à l'état durci et après vieillissement. Il est nécessaire de caractériser son évolution à l'état durci et après vieillissement accéléré, couplant mesures mécaniques d'adhérence (pull-out), micro-tomographie X et MEB/EDX. Cette caractérisation est indispensable pour comprendre les mécanismes de dégradation mécanique à long terme des composites biofibrés.

4) Durabilité physique, microstructure poreuse et protocoles de vieillissement. La porosité, l'absorption capillaire et les propriétés de transfert des fluides sont des indicateurs essentiels de durabilité, d'autant plus que les fibres végétales modifient la structure poreuse du matériau. Leur caractérisation en fonction des traitements de fibres, de la nature du liant et des états de vieillissement reste à approfondir. Par ailleurs, les protocoles de vieillissement accéléré existants sont mono-factoriels et non standardisés, alors que les matériaux en service subissent des agressions simultanées. Aucun protocole couplant UV, pluie et variations hygrothermiques n'a encore été testé pour les composites cimentaires biofibrés, ce qui limite la comparabilité des résultats entre études et la prédiction fiable du comportement en service.

Objectifs

Ces travaux visent à améliorer la compréhension du comportement mécanique et la durabilité des composites cimentaires biofibrés, afin de permettre une utilisation plus rapide et pertinente des fibres végétales dans les mortiers et bétons en remplacement des fibres traditionnelles minérales ou pétro-sourcées, via la rédaction de recommandations à l'utilisation de ces fibres dans des applications spécifiques. Par ailleurs, les méthodes d'essais expérimentaux couplés à des analyses d'images ou de tomographies qui pourront être développées et utilisées dans ce projet pourront être utiles à la communauté du génie civil et des sciences de matériaux, et éventuellement transposables à d'autres matériaux fibrés (ex : matrice polymère).

Actuellement, l'utilisation de matériaux biosourcés dans le secteur de la construction est en plein essor. De plus, au-delà de leur intérêt technique et environnemental, leur développement permet également la création de nouvelles filières permettant la création d'emplois, majoritairement locaux. Les travaux de recherche sur les fibres végétales dans les matériaux de construction se sont particulièrement développés lors de la dernière décennie. Néanmoins, plusieurs obstacles limitent encore leur développement, et notamment le manque de connaissances sur les propriétés des composites cimentaires renforcés de fibres biosourcées. Le présent projet permettra d'obtenir des résultats ou connaissances significatives sur les aspects suivants :

- Enrichissement des connaissances sur l'influence des caractéristiques physico-chimiques des fibres végétales sur le comportement et les propriétés mécaniques des composites biofibrés.
- Observation de l'interface fibre/matrice par microscopie MEB et tomographie.
- Meilleure compréhension du développement de la fissuration mécanique dans les composites et l'effet des fibres végétales sur cette fissuration.
- Evaluation de l'impact des interactions entre les composés végétaux et minéraux sur l'évolution des propriétés et performances des bétons biofibrés au travers d'essais accélérés pertinents.

Méthodologie

① État de l'art sur le comportement mécanique à court, moyen et long terme des composites biofibrés

Cette étape vise à recenser les techniques expérimentales de caractérisation des composites cimentaires fibrés (BFUP, GFRC, etc.) afin d'en évaluer la pertinence et les limites. En parallèle, une étude bibliographique ciblera spécifiquement l'évolution temporelle des propriétés mécaniques des matériaux renforcés par des fibres végétales.

② Étude du comportement mécanique des composites biofibrés

L'objectif est de caractériser le comportement en flexion et la propagation de fissures sous différentes configurations. Le dispositif expérimental couplera des capteurs LVDT classiques à de la corrélation d'images numériques. Cette approche optique permettra un suivi précis de l'ouverture et du développement de la fissuration sous charge.

③ Évaluation de l'adhésion fibre-matrice : étude de la zone de transition interfaciale

Pour pallier l'inefficacité des essais d'arrachement classiques sur les fibres végétales, ce volet propose d'analyser la qualité de l'interface et l'orientation des fibres par micro-tomographie à rayons X. Ce couplage entre essais mécaniques et observations 3D permettra de comprendre comment l'organisation interne de la matière influence l'efficacité du renfort.

④ Durabilité et comportement à long terme des composites biofibrés

Face au manque de données sur la pérennité des bétons biosourcés, cette tâche simulera des conditions d'usage réelles via des enceintes de vieillissement accéléré (soleil, humidité, etc.). L'étude portera sur l'évolution des propriétés fonctionnelles (résistance, fissuration) en corrélation directe avec la dégradation microstructurale de la zone de transition fibre/matrice.

Profil recherché

Le(a) candidat(e) devra avoir être titulaire d'un Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en génie civil ou science des matériaux. Ci-dessous sont listées les compétences recherchées pour cette offre :

- Maîtrise de la langue française à l'oral comme à l'écrit (expression et rédaction), niveau C1 minimum ;
- Goût prononcé pour l'expérimentation en laboratoire ;
- Faire preuve d'une bonne capacité d'analyse et de synthèse, être autonome et force de proposition ;
- Capacité d'organisation du travail et de gestion des priorités pour respecter des délais ;
- Capacité à s'organiser et gérer ses priorités pour respecter des délais ;
- Rigueur dans le travail et la rédaction ;
- Une expérience dans le domaine des matériaux de construction biosourcés seront fortement appréciées.

Cette thèse sera réalisée dans le cadre du **projet ANR BIOFIB (2025-2029)**. Le(a) candidat(e) sera intégré(e) à ce projet et devra participer activement aux réunions de projets ainsi qu'à la rédaction des livrables.

Employeur

Université d'Artois – LGCgE. L'activité de recherche se fera dans l'équipe ER3 (Matériaux Béton et Composites) sur le pôle de l'IUT de Béthune (62). Le LGCgE est un laboratoire de recherche pluridisciplinaires en Région Nord Pas de Calais. Organisé en 5 équipes de recherche, le laboratoire compte plus de 200 membres. Les activités principales du LGCgE vont des géo-matériaux aux bâtiments.

Pour candidater, envoyer un CV étendu, relevés de notes M1/M2 et lettre de motivation à :

- Chafika Djelal-Dantec (PR) chafika.dantec@univ-artois.fr
- Jonathan Page (MCF) jonathan.page@univ-artois.fr

Références

- Ajouguim, S., Page, J., Djelal, C., Waqif, M., & Saâdi, L. (2021). Impact of Alfa fibers morphology on hydration kinetics and mechanical properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*, 293, 123514.
- Baley, C., Gomina, M., Breard, J., Bourmaud, A., & Davies, P. (2020). Variability of mechanical properties of flax fibres for composite reinforcement. A review. *Industrial Crops and Products*, 145, 111984.
- Ferreira, S.R., Pepe, M., Martinelli, E., de Andrade Silva, F., & Toledo Filho, R.D. (2018). Influence of natural fibers characteristics on the interface mechanics with cement based matrices. *Composites Part B*, 140, 183–196.
- Laverde, V., Marin, A., Benjumea, J.M., & Rincón Ortiz, M. (2022). Use of vegetable fibers as reinforcements in cement-matrix composite materials: A review. *Construction and Building Materials*, 340, 127729.
- Melo Filho, J.A., et al. (2013). Degradation kinetics and aging mechanisms on sisal fiber cement composite systems. *Cement and Concrete Composites*, 40, 30–39.
- Page, J., Khadraoui, F., Boutouil, M., & Gomina, M. (2017). Multi-physical properties of a structural concrete incorporating short flax fibers. *Construction and Building Materials*, 140, 344–353.
- Page, J., Khadraoui, F., Gomina, M., & Boutouil, M. (2022). Hydration of flax fibre-reinforced cementitious composites: Influence of fibre surface treatments. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 26(12), 5798–5820.
- Rahimi, M., Hisseine, O.A., & Tagnit-Hamou, A. (2022). Effectiveness of treated flax fibers in improving the early age behavior of high-performance concrete. *Journal of Building Engineering*, 45, 103448.
- Talibi, S., Page, J., Djelal, C., & Saâdi, L. (2024). Impact of treated red-algae fibers on physico-mechanical behavior of compressed earth bricks. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 1–34.
- Toledo Filho, R.D., et al. (2005, 2009). Plant fibre reinforced cement composites under severe climate conditions and effect of ageing. *Cement and Concrete Composites*.