

Titre de la thèse/Thesis title :

**Valorisation de structures composites biosourcées à base de fibres de lin
et d'huiles de lin époxydées – Projet CompBioReC**

**End-of-life management of bio-sourced composite structures based on flax fibers
and epoxidized linseed oils – CompBioReC Project**

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : DRIVE, équipe DSC (Nevers)

Spécialité du doctorat préparé/Speciality :

Sciences pour l'ingénieur, spécialité mécanique
Engineering sciences, mechanics speciality

Mots-clefs / Keywords :

Composites à fibres végétales, circularité et analyse de cycle de vie, caractérisation mécanique
Plant fibre composites, circularity and life cycle assessment, mechanical characterisation

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

Introduction / contexte :

L'étude portera sur une pale d'éolienne à axe vertical (VAWT) en composite biosourcé, fabriqué à partir de fibres de lin et d'huile de lin époxyde. Ces deux matériaux ont été choisis pour les nombreux avantages qu'ils offrent en matière d'objectifs de développement durable, de circularité et de principes de conception durable, en particulier dans le domaine de la transition énergétique : une structure à impact environnemental réduit, des matières premières locales pour les applications en Europe, et des matériaux réparables, réutilisables et recyclables. L'huile de lin époxyde présente en effet des liaisons covalentes dynamiques qui offrent des propriétés mécaniques structurales tout en permettant la réparation, la réutilisation et le recyclage [1, 2]. Ce choix de matériaux s'aligne également avec le besoin d'optimiser le coût de l'énergie des VAWT, et donc de réduire leurs coûts de fabrication [3]. Le projet proposé visera non seulement à déterminer la durée de vie d'une telle pale VAWT, mais également à modéliser, en particulier, les capacités de réparation, réutilisation, recyclage et de dégradation de ces matériaux et structures dans le cadre d'études d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) et de Coûts du Cycle de Vie (CCV). L'objectif final est d'estimer dans quelles conditions mécaniques et environnementales cette version en composite biosourcé de la pale VAWT entraîne moins d'impacts environnementaux et est plus rentable que ses équivalents synthétiques, permettant d'explorer un aspect manquant dans la littérature sur les composites biosourcés [4].

Ces travaux s'inscrivent dans la continuité de travaux déjà réalisés par des étudiants en Master et en doctorats. Une thèse de doctorat est par ailleurs actuellement en cours sur un sujet similaire (ACV d'une pale d'éolienne en lin-polypropylène sujette à différentes conditions climatiques). Pour l'équipe de recherche, le sujet proposé ici établit un lien fort entre les thématiques de recherche actuelles et un nouvel axe stratégique en cours de développement.

Travaux envisagés :

- Dans un premier temps, une **analyse approfondie des propriétés thermiques et mécaniques** des composites biosourcés en question sera effectuée pour évaluer leur compatibilité avec les stratégies de réparation et de réemploi.
- Ensuite, des **procédés de recyclage** (mécaniques et chimiques) seront étudiés pour envisager la valorisation des composites et étudier leurs pertes de performances après un nombre de cycles de recyclage donné.
- Enfin, l'**option de retour à la terre** sera examinée, avec une attention particulière aux performances de biodégradation des matériaux après leur usage.
- L'ensemble de ces stratégies sera analysé à travers le prisme de l'**ACV** et de l'analyse en Coût du Cycle de Vie (**CCV**), afin de quantifier les gains et pertes en termes d'impacts environnementaux et économiques.

→ Les résultats de ce projet contribueront à l'optimisation de la conception et de la gestion des matériaux composites biosourcés, en vue de soutenir la transition vers des industries circulaires et durables.

Introduction/context:

The study will focus on a bio-based composite vertical axis wind turbine (VAWT) blade made from flax fibres and epoxidized linseed oil. These two materials were chosen for the many advantages they offer in terms of sustainable development goals, circularity, and sustainable design principles, particularly in the field of energy transition: a structure with reduced environmental impact, local raw materials for applications in Europe, and repairable, reusable, and recyclable materials. Epoxidized linseed oil indeed exhibits dynamic covalent bonds that provide structural mechanical properties while allowing repair, reuse and recycling [1, 2]. This choice of materials also aligns with the need to optimise for the energy cost of VAWTs, and therefore reduce their manufacturing costs [3]. The proposed project will aim not only to determine the lifetime of such a VAWT blade, but also to model, in particular, the repair, reuse, recycling and degradation capabilities of these materials and structures in the framework of Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Costing (LCC) studies. The final objective is to estimate under which mechanical and environmental conditions this bio-based composite version of the VAWT blade causes less environmental impacts and is more cost-effective than its synthetic equivalents, allowing to explore a missing aspect in the literature on bio-based composites [4].

This work is a continuation of work already carried out by Master and doctoral students. A doctoral thesis is currently underway on a similar topic (LCA of a flax-polypropylene wind turbine blade subject to different climatic conditions). For the research team, the topic proposed here establishes a strong link between current research themes and a new strategic research axis currently under development.

Planned work:

- First, an **in-depth analysis of the thermal and mechanical properties** of the bio-based composites in question will be conducted to assess their compatibility with repair and reuse strategies.
- Next, **recycling processes** (mechanical and chemical) will be studied to consider the recovery of the composites and to assess their performance losses after a given number of recycling cycles.
- Finally, the **composting option** will be examined, with particular attention to the biodegradation performance of the materials after use.
- All of these strategies will be analysed through the lens of **LCA** and Life Cycle Costing (**LCC**) analysis, in order to quantify the gains and losses in terms of environmental and economic impacts.

→ The results of this project will contribute to optimizing the design and management of bio-based composite materials, with a view to supporting the transition to circular and sustainable industries.

Références bibliographiques / Bibliography

[1] Cadu, T., Van Schoors, L., Sicot, O., Moscardelli, S., Divet, L., & Fontaine, S. (2019). Cyclic hygrothermal ageing of flax fibers' bundles and unidirectional flax/epoxy composite. Are bio-based reinforced composites so sensitive?. *Ind Crops Prod*, 141, 111730. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111730>

[2] Srubar III, W. V., Miller, S. A., Lepech, M. D., & Billington, S. L. (2014). Incorporating spatiotemporal effects and moisture diffusivity into a multi-criteria materials selection methodology for wood-polymer composites. *Constr Build Mater.*, 71, 589-601. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.049>

[3] Hui, I., Cain, B. E., & Dabiri, J. O. (2018). Public receptiveness of vertical axis wind turbines. *Energy Policy*, 112, 258-271. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.028>

[4] Fitzgerald, A., Proud, W., Kandemir, A., Murphy, R. J., Jesson, D. A., Trask, R. S., ... & Longana, M. L. (2021). A life cycle engineering perspective on biocomposites as a solution for a sustainable recovery. *Sustainability*, 13(3), 1160. <https://doi.org/10.3390/su13031160>

Profil demandé / Applicant profile

Critères de sélection :

- De formation Master 2 recherche ou école d'ingénieurs à dominante mécanique ou science des matériaux, le candidat possède des **compétences en caractérisation mécanique expérimentale des matériaux**.
- Il possède aussi des connaissances **en matériaux et structures composites** (stratifiées).

- Des connaissances en écoconception et en analyse de cycle de vie sont appréciées.
- Caractéristiques personnelles :
- **Autonome**, le candidat sait aussi faire preuve de bonnes capacités relationnelles et rédactionnelles en français et anglais.

Preferred selection criteria:

- Master's degree with a focus on **mechanical engineering or material science**, the candidate possesses skills in experimental mechanical characterisation of materials.
- The candidate also possesses knowledge in **composite (laminated) materials and structures**.
- Knowledge of eco-design and life cycle analysis is preferred.

Personal characteristics:

- **Autonomous**, the candidate also demonstrates good interpersonal and writing skills in both French and English.

Financement : bourse région UBFC (3 ans) pour le projet CompBioReC

Dossier à envoyer pour le **1^{er} juillet 2025**

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2025

Salaire mensuel brut : 2200€ (à partir du 1^{er} janvier 2026 : 2300€ brut)

Application to be submitted by **July 1st, 2025**

Contract start date: October 1st, 2025

Gross monthly salary: €2,200 (from January 1st 2026: €2,300 gross)

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

Olivier Sicot, Professeur des universités, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) - Nevers
olivier.Sicot_isat@u-bourgogne.fr

Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)

Clémence Rouge, Maître de Conférences, Université de Bourgogne, DRIVE (EA 1859) – Nevers
clemence.rouge@u-bourgogne.fr

Les candidats sont invités à soumettre leur candidature aux directeurs de thèse.

Le dossier de candidature doit contenir les documents suivants :

- **CV**
- **Lettre de motivations**
- **Au moins une lettre de recommandation**

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- **CV**
- **Cover letter**
- **At least 1 reference letter**