

THESE CIFRE : Recherche d'une formulation biosourcée pour la protection et l'ignifugation durable d'essences résineuses pour l'industrie du bois

Résumé

Utiliser le matériau bois comme solution durable pour les bâtiments est une manière d'augmenter le puits de carbone que représente cette ressource renouvelable. Cependant de par son origine organique, lors de sa durée de service, le bois peut être dégradé par des organismes lignivores ou par le feu. Afin de pallier ces problèmes, l'industrie a de longue date mis en place des solutions différenciées de traitement du bois vis-à-vis des dégradations biologiques ou pour l'ignifugation. Ces deux types de traitement mettent en œuvre des matières actives (organiques, minérales) faisant désormais l'objet d'une réglementation de plus en plus stricte car impactantes sur la santé humaine, l'environnement, et parce qu'elles génèrent des déchets dangereux.

Ce projet de thèse vise à développer une solution de traitement du bois combinant les effets de résistance biologique et de résistance au feu, avec des molécules naturelles, sans utilisation de substance chimique préoccupante, ni de traitement à haute température

Description du projet

La thèse CIFRE proposée s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre une grande entreprise de la filière Bois, l'entreprise Piveteau et trois laboratoires de recherche, le LERMaB (Université de Lorraine), L'IMT Mines d'Alès et le CIRAD de Montpellier.

Dans un contexte de nécessité d'atténuation du changement climatique, utiliser le bois afin de produire des matériaux de construction à longue durée de service est une stratégie permettant d'augmenter le « puits de carbone » sans impacter les prélèvements forestiers par des récoltes supplémentaires. Cet objectif vertueux est une réelle gageure, car le bois en tant que matériau biologique renouvelable est dégradé par de nombreux organismes lignivores, la majeure partie des bois utilisés en construction devant être protégée contre les attaques biologiques. Les traitements classiques mettent en jeu des produits de préservation contenant des substances biocides désormais réglementées par la directive REACH (règlement Européen n°1907/2006). Cette directive a diminué drastiquement le nombre de matières actives autorisées, mais il reste néanmoins dans les formulations des substances très préoccupantes (dites SVHC pour "Substances of Very High Concern") à base d'azoles notamment. De plus, en fonction des besoins, et en vertu d'une réglementation évoluant vers plus de sécurité, ces bois doivent être ignifugés par des additifs soumis aussi à la directive REACH, les deux types de traitements étant dans l'industrie réalisés séparément selon un processus coûteux incluant stockage et séchage intermédiaire.

Dans une logique d'anticipation et de préparation aux évolutions réglementaires, l'entreprise PIVETEAU souhaite initier le développement d'une formulation 2 en 1 combinant la fonction retardatrice de flamme et la fonction préservation biotique. Le projet appelé « Bi-Protect » a reçu le soutien financier de l'ADEME qui accompagnera la thèse CIFRE en termes de moyens mis en œuvre.

Le projet BiProtect a pour objectif principal de développer un nouveau procédé éco-responsable de préservation du bois et d'ignifugation combinées, afin d'obtenir des matériaux de construction optimisés à longue durée de service. Par ailleurs, éviter les substances préoccupantes de manière à

faciliter le recyclage des déchets bois générés en fin de vie inscrit pleinement ce procédé dans la RE2020, visant la réduction de l’empreinte carbone des constructions.

Comme alternatives aux biocides traditionnels, nombre d’extraits naturels ont montré leur efficacité, mais leur effet est non permanent, dû à une trop forte lessivabilité (Wozniak, 2022). C’est là le premier enjeu et verrou scientifique de la thèse : en vous inspirant de méthodes existantes dans la cosmétique, l’agroalimentaire et de récents résultats dans le domaine du bois, l’objectif sera de trouver les conditions permettant d’immobiliser des substances actives telles que des biophénols, du chitosan dans le bois, vérifier leur efficacité biologique (antifongique et termicide) et leur stabilité face au lessivage ou au vieillissement. Pour immobiliser les actifs, la solution optimale sera recherchée parmi des procédés d’émulsification, de gélification ionique, de nano-précipitation, ou de réticulation (Shetta 2024, Ong 2025). Le deuxième verrou concerne l’acquisition par le bois de propriétés retardatrices de flamme. Le classement normalisé du bois face au feu lui est défavorable et pour cela, des traitements retardateurs phosphorés sont principalement utilisés. L’ajout de principes actifs phosphorés développés en parallèle par l’IMT Mines d’Ales (Antoun 2022, Sonnier 2015) est une voie envisagée afin d’améliorer l’effet retardateur de flamme, à condition que les performances en durabilité soient maintenues, et que les systèmes immobilisés développés pour l’activité biologiques ne soient pas déstabilisés. Un tel traitement 2 en 1 permettrait un processus industriel simplifié, une économie des ressources (moins de séchage, d’eau et d’énergie) et le déploiement futur d’un produit bois novateur permettant d’atteindre la durabilité suffisante à un usage en extérieur. Dans le cadre de la thèse Cifre, une évaluation de la faisabilité industrielle, financière et de l’empreinte environnementale dans le contexte de l’entreprise sera réalisée, car les volumes sont conséquents (24000 m³/an de bardage résineux traités par exemple).

Références

- Antoun et al (2022) Renewable phosphorous-based flame retardant for lignocellulosic fibers, *Industrial Crops and Products* 186, 115265
- Ong et al (2025) Advances in wood preservation technology: A review of conventional and nanotechnology preservation approaches. *Bioresources* 20(3), 8209-8255.
- Shetta et al (2024) Review of strategic methods for encapsulating essential oils into chitosan nanosystems and their applications. *International journal of biological Macromolecules* 259, 129212
- Wozniak et al. (2022) Antifungal agents in wood protection – a review. *Molecules* 27:6392
- Sonnier et al (2015) Improving the flame retardancy of flax fabrics by radiation grafting of phosphorus compounds, *European Polymer Journal*, 68, 313-325

Conditions d’exercice et équipes de recherche en appui :

Cette thèse CIFRE sera financée par l’entreprise PIVETEAU BOIS, et sera principalement hébergée au LERMaB sur le site de l’Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois (ENSTIB) à Epinal. C’est dans ce cadre que se dérouleront les essais de formulations et les traitements pour le bois. Des séjours (financés dans le cadre du projet) sont à prévoir chez les partenaires du projet Bi-PROTECT (Entreprise Piveteau, Cirad, IMT Mines Ales)

Démarrage souhaité début 2027

Compétences recherchées :

Le projet réunit des expertises d'un grand nombre de disciplines, sciences du bois, chimie des polymères, microbiologie, ignifugation. Nous cherchons des candidat.e.s de niveau BAC + 5 (formation ingénieur ou master) avec des compétences solides en biopolymères et physico-chimie des macromolécules

Des connaissances ou une expérience significative dans les domaines du bois, en biologie végétale, et/ou Procédés d'encapsulation de molécules, et/ou d'ignifugation seront les bienvenues mais les compétences pourront être acquises au cours du déroulement de la thèse.

Nous souhaitons que les candidat.e.s aient une appétence pour les problématiques industrielles et environnementales, fassent preuve de curiosité, rigueur, esprit critique et de goût pour l'expérimentation. Une compréhension du français et de l'anglais niveau B2 minimum est exigée.

Candidater :

Pour postuler à cette offre de thèse, merci de fournir avant le 1 octobre 2026 :

- un CV
- vos notes de Master1 et 2 (ou de votre diplôme d'ingénieur)
- lettre(s) de recommandation et/ou contact de référent seront les bienvenues,

à l'attention des encadrants contacts suivants :

aurore.DELVART@piveteau.com

emmanuel.fredon@univ-lorraine.fr

rodolphe.sonnier@mines-ales.fr

PhD - CIFRE: Research into a bio-based formulation for the sustainable protection and fire retardancy of softwoods for the timber industry

Abstract

Using timber as a sustainable building material is a way of increasing the carbon sink represented by this renewable resource. However, due to its organic origin, wood can be degraded by wood-destroying organisms or by fire during its service life. To address these issues, the industry has long employed various wood treatment solutions to combat biological degradation or provide fire retardancy. Both types of treatment involve the use of active ingredients (organic or mineral) which are now subject to increasingly stringent regulations due to their impact on human health and the environment, and because they generate hazardous waste.

This PhD project aims to develop a wood treatment solution that combines the effects of biological resistance and fire resistance, using natural molecules, without the use of chemicals of concern or high-temperature treatments

Project description

The proposed CIFRE PhD project forms part of a collaboration between a major company in the timber sector, Piveteau, and three research laboratories: LERMaB (University of Lorraine), Ales IMT Mines and CIRAD in Montpellier.

Given the need to mitigate climate change, using wood to produce long-lasting building materials is a strategy that helps to increase the 'carbon sink' without affecting timber harvests through additional felling. This laudable objective presents a real challenge, as wood, being a renewable biological material, is susceptible to degradation by numerous wood-destroying organisms, meaning that the majority of timber used in construction must be protected against biological attack. Conventional treatments involve the use of preservative products containing biocidal substances now regulated by the REACH Directive (European Regulation No. 1907/2006). This directive has drastically reduced the number of authorised active substances; however, formulations still contain substances of very high concern (known as SVHCs), particularly those based on azoles. Furthermore, depending on requirements, and in line with regulations moving towards greater safety, this timber must be fire-retardant treated using additives also subject to the REACH Directive; in industry, these two types of treatment are carried out separately via a costly process involving storage and intermediate drying.

With a view to anticipating and preparing for regulatory changes, PIVETEAU wishes to begin developing a 2-in-1 formulation combining flame-retardant properties with protection against biological attack. The project, known as 'Bi-Protect', has received financial support from ADEME, which will provide resources to support the CIFRE PhD thesis.

The main objective of the Bi-Protect project is to develop a new, environmentally responsible process combining wood preservation and fire retardancy, in order to produce optimised building materials with a long service life. Furthermore, by avoiding substances of concern so as to facilitate the recycling of wood waste generated at the end of a product's life, this process is fully in line with the RE2020, which aims to reduce the carbon footprint of buildings.

As alternatives to traditional biocides, a number of natural extracts have proven effective, but their effect is not permanent due to excessive leachability. This is the primary challenge and scientific focus of the thesis: drawing inspiration from existing methods in the cosmetics and agri-food sectors, as well as recent findings in the field of wood, the aim will be to identify the conditions required to immobilise active substances such as biophenols and chitosan within the wood, and to verify their biological efficacy (antifungal and termite-killing properties) and their stability against leaching or ageing. To immobilise the active ingredients, the optimal solution will be sought from among processes such as emulsification, ionic gelation, nanoprecipitation or cross-linking. The second challenge concerns imparting flame-retardant properties to the timber. The standardised fire classification of timber is unfavourable in this respect, and for this reason, phosphorus-based flame retardants are primarily used. The addition of phosphorus-based active ingredients developed in parallel by Ales IMT Mines is one approach being considered to improve the flame-retardant effect, provided that durability performance is maintained and that the immobilised systems developed for biological activity are not destabilised. Such a 2-in-1 treatment would enable a simplified industrial process, resource savings (less drying, water and energy) and the future roll-out of an innovative timber product capable of achieving sufficient durability for outdoor use. As part of the CIFRE PhD project, an assessment of industrial and financial feasibility, as well as the environmental footprint within the company's context, will be carried out, given the substantial volumes involved (e.g. 24,000 m³/year of treated softwood cladding).

References

Shetta et al (2024) Review of strategic methods for encapsulating essential oils into chitosan nanosystems and their applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 259, 129212

Wozniak et al. (2022) 'Antifungal agents in wood protection – a review'. **Molecules** 27:6392

Ong et al (2025) 'Advances in wood preservation technology: A review of conventional and nanotechnology preservation approaches'. **Bioresources** 20(3), 8209–8255.

Sonnier et al (2015) Improving the flame retardancy of flax fabrics by radiation grafting of phosphorus compounds, *European Polymer Journal*, 68, 313–325

Antoun et al (2022) Renewable phosphorus-based flame retardant for lignocellulosic fibres, *Industrial Crops and Products* 186, 115265

Working conditions and supporting research teams:

This CIFRE PhD will be funded by the company PIVETEAU BOIS and will be based primarily at LERMaB on the campus of the Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois (ENSTIB) in Epinal. It is within this framework that formulation trials and wood treatments will take place. Visits (funded as part of the project) are to be expected at the Bi-PROTECT project partners' sites (Piveteau, CIRAD, IMT Mines Alès).

Desired start date: early 2027

Skills required:

The project brings together expertise from a wide range of disciplines, including wood science, polymer chemistry, microbiology and fire retardancy.

We are looking for candidates with a five-year post-A-level qualification (engineering degree or Master's) with strong expertise in biopolymers and the physico-chemistry of macromolecules

Significant knowledge or experience in the fields of wood science, plant biology, and/or molecule encapsulation processes, and/or fire retardancy would be welcome, but these skills may be acquired during the course of the PhD.

We are looking for candidates who have an interest in industrial and environmental issues, and who demonstrate curiosity, rigour, critical thinking and a keen interest in experimentation. A minimum B2 level of proficiency in French and English is required.

How to apply:

To apply for this PhD position, please submit the following by 1 October 2026:

- a CV
- your Master's grades
- letters of recommendation and/or contact details for a referee are welcome

to :

Contacts and PhD supervision:

aurore.DELVART@piveteau.com

emmanuel.fredon@univ-lorraine.fr

rodolphe.sonnier@mines-ales.fr