

## Sujet de thèse

---

# Caractérisation et modélisation multi-échelle des propriétés thermo-mécaniques des bétons de chanvre recyclés

---

*Début souhaité : octobre 2026*

### Cadre

- Université de Technologie Tarbes Occitanie Pyrénées (**UTTOP**), 47, avenue d'Azereix, 65016 Tarbes. [www.utttop.fr](http://www.utttop.fr)
  - Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (**LMDC**, antenne de Tarbes) : Dr Méryl Lagouin ([Meryl.Lagouin@utttop.fr](mailto:Meryl.Lagouin@utttop.fr)), Dr. HDR H. Weleman (co-direction thèse, [Helene.Weleman@utttop.fr](mailto:Helene.Weleman@utttop.fr))
  - Laboratoire Génie de Production (**LGP**) : Pr. V. Nassiet (co-direction thèse, [Valerie.Nassiet@utttop.fr](mailto:Valerie.Nassiet@utttop.fr))
- Ecole doctorale **MEGEP** - Mécanique, Energétique, Génie civil & Procédés
- **Projet ANR BELIEVER** - Bétons isoLants biosourcés : Évaluation environnementale, Vieillessement et Recyclabilité

### Candidatures

- Ouverture des candidatures : 11/05/2026
- Fin des candidatures : **30/07/2026**
- Après une phase de sélection sur dossier, des auditions par visioconférences se tiendront sur convocation au fil de l'eau.
- Envoyer **un CV détaillé, les derniers relevés de notes et une lettre de motivation** détaillant en quoi votre expérience vous permettra de satisfaire les attentes aux adresses suivantes : [Valerie.Nassiet@utttop.fr](mailto:Valerie.Nassiet@utttop.fr), [Meryl.Lagouin@utttop.fr](mailto:Meryl.Lagouin@utttop.fr), [Helene.Weleman@utttop.fr](mailto:Helene.Weleman@utttop.fr)

### Contexte

Secteur clé dans la lutte contre le réchauffement climatique et dans la transition énergétique, le domaine de la construction doit prioritairement repenser et transformer son activité. L'utilisation de matériaux à faible impact environnemental permet de répondre efficacement à ces enjeux, en préservant des ressources naturelles non renouvelables. Les matériaux de construction utilisant des ressources végétales offrent ainsi une alternative intéressante aux matériaux conventionnels (disponibilité locale, renouvelabilité et potentiel de stockage de carbone biogénique). Si leurs performances de régulation thermique des bâtiments ont clairement été démontrées, l'utilisation de ces matériaux bio et géosourcés demeure limitée par le manque de connaissances sur l'évolution de leurs propriétés d'usage dans le temps. En effet, la sensibilité des produits biosourcés à l'environnement (variations thermiques, hydriques, pH, etc.) soulève des problématiques de durabilité.

Les travaux de recherche traitant du vieillissement des composites biosourcés pour la construction sont peu nombreux et les données expérimentales relatives à leur durabilité sont rares.

Dans ce contexte, le projet BELIEVER (ANR-AAPG 2025) a pour objectif d'acquérir de nouvelles connaissances concernant les mécanismes de vieillissement des bétons de chanvre en conditions de vieillissement naturel (jusqu'à 13 ans de vieillissement) afin de proposer des méthodes expérimentales et numériques de prédiction de la durabilité adaptées à ces matériaux. Cette thèse de doctorat visera précisément à mesurer le potentiel de recyclabilité des déchets de béton de chanvre issus de la déconstruction. L'idée est de démontrer la faisabilité de ré-emploi de ces granulats recyclés, permettant ainsi de valoriser les déchets de structures en bétons de chanvre et de préserver les gisements de matériaux naturels. Le projet BELIEVER regroupe un consortium de plusieurs laboratoires (LMDC, LCA, LGP, TBI) et des plateformes d'essais et d'imagerie (Halle Agromat, DMEX).

## Problématique de recherche

Les effets du temps sur les propriétés de bétons de chanvre soumis à un vieillissement naturel en conditions d'ambiance statique ou en extérieur n'ont fait l'objet que de très peu de publications [1-4]. De plus, les échéances de caractérisation restent courtes (moins de 3 ans) par rapport à la durée de vie conventionnelle d'un ouvrage. Un des atouts du projet BELIEVER repose sur la disponibilité d'éprouvettes en béton de chanvre fabriquées lors de la thèse de Dinh The Manh [5] et aujourd'hui vieilles de plus de 13 ans. Celles-ci constituent donc une opportunité rare d'identifier les mécanismes de vieillissement. Dans le cadre du projet EVA [6], des essais préliminaires ont permis de conclure que le vieillissement du matériau dans le temps engendre une évolution de son équilibre chimique (carbonatation et minéralisation) et de ses propriétés d'usage (rigidité, conductivité thermique). Il a été noté en particulier une modification physico-chimique et minéralogique des granulats de chanvre ainsi que des interfaces granulats-matrice cimentaire.

Ce travail de thèse vise à étudier le potentiel de recyclabilité de bétons de chanvre vieillis. A l'issue de la déconstruction, les granulats recyclés deviendront de facto les renforts de nouveaux composites à matrice minérale, dits bétons recyclés, dont il conviendra d'étudier les propriétés physico-chimiques, morphologiques et mécaniques pour justifier l'intérêt et la pertinence de ce ré-emploi. Cette démarche s'appuiera sur les caractérisations des constituants élémentaires des bétons (matrice, granulats neufs ou recyclés), de leur réseau de porosités aux différentes échelles et de leurs propriétés résultantes à l'échelle macroscopique. Les recherches qui seront menées dans le cadre de ce doctorat viseront tout particulièrement à la mise en place d'une méthodologie d'analyse multi-échelle pour l'étude spécifique des interfaces, impliquant l'adaptation ou le développement de nouveaux protocoles expérimentaux.

A partir de ces données, l'enjeu sera de proposer des modèles de prédiction des propriétés effectives thermo-mécaniques des bétons de chanvre vieillis et des bétons recyclés. Il sera pertinent de recourir à des approches par homogénéisation de milieux hétérogènes, qui permettront d'intégrer les informations à l'échelle de la microstructure de ces matériaux telles que les données sur les constituants élémentaires et sur le réseau poral issues des caractérisations des partenaires du projet. Les méthodes de changement d'échelle, dont la pertinence a déjà été démontrée pour représenter la réponse thermique et mécanique de bétons de chanvre [7-9], permettront de développer des outils prédictifs, analytiques ou numériques, aptes à guider la fabrication et à estimer de manière juste les performances des bétons de granulats recyclés. L'utilisation de granulats recyclés constitue une spécificité forte du projet qui sera prise en compte tant au niveau des propriétés des inclusions du fait de la minéralisation des granulats végétaux, que de la nature imparfaite des interfaces avec le liant *via*

l'introduction de discontinuités de propriétés [10] ou par prise en compte d'inclusions multicouches [11].

### Bibliographie

- [1] Chabannes M. et al., 2015. Studying the hardening and mechanical performances of rice husk and hemp-based building materials cured under natural and accelerated carbonation. *Constr. Build. Mater.* 94, 105–115.
- [2] Magniont C. et al. 2012. Valorization of plant aggregates in building ecomaterials. *Eur. J. Environ. Civ. Eng.* 16, 1–22.
- [3] Piot A. et al., 2017. Study of a hempcrete wall exposed to outdoor climate: Effects of the coating. *Constr. Build. Mater.* 139, 540–550.
- [4] Sheridan J. et al., 2020. The effect of long term weathering on hemp and rapeseed concrete. *Cem. Concr. Res.* 131, 106014.
- [5] The Manh Dinh, Développement et caractérisation d'écomatériaux pour la construction, thèse de doctorat, Univ. Paul Sabatier Toulouse, 2014.
- [6] Traoré R. et al., Etude expérimentale d'identification des mécanismes de vieillissement naturel de composites biosourcés pour a construction, *Conf. Vieillissement des Polymères*, 4-6 juin 2024, Saint Valéry en Caux.
- [7] Dartois S. et al., 2017. An iterative micromechanical modeling to estimate the thermal and mechanical properties of polydisperse composites with platy particles: Application to anisotropic hemp and lime concretes. *Constr. Build. Mater.*, 152, 661-671.
- [8] Tran-Le A.D. et al., 2019. A novel anisotropic analytical model for effective thermal conductivity tensor of dry lime-hemp concrete with preferred spatial distributions. *Energy 1 Build.*, 182, 75-87.
- [9] Huang G. et al., 2022. Optimization of mechanical properties in anisotropic bio-based building materials by a multiscale homogenization model. *J. Build. Engng*, 57, 104890.
- [10] Huang G. et al., 2023. A multiscale homogenization model on thermal conductivity of bio-based building composite considering anisotropy, imperfect interface and moisture. *Const. Build. Mater.*, 377, 131156.
- [11] Ismael B. et al., 2021. Modelling of thermal conductivity and nonlinear mechanical behavior of straw insulation composite by a numerical homogenization approach, *J. Build. Engng*, 43, 103144.

## Actions à mener

En premier lieu, une étude bibliographique sera menée de façon à répertorier et maîtriser les travaux existants axés sur :

- la caractérisation des interfaces : identification des tests mécaniques de rupture et d'adhérence sur composite, corrélation entre analyses mécaniques et topologiques, définition des paramètres les plus pertinents,
- les différentes approches de modélisation des propriétés effectives des bétons végétaux : principes généraux, données nécessaires, méthodologie d'homogénéisation.

L'étude expérimentale des bétons neufs, vieillis et recyclés fera l'objet de la deuxième étape du travail :

- l'adaptation et/ou développement de protocoles spécifiques pour l'évaluation des propriétés d'interface,
- la confrontation des résultats avec des caractérisations physico-chimiques et morphologiques basées sur des techniques éprouvées (microscopie optique, microscopie électronique à balayage, tomographie RX, spectroscopie IR et Raman).

A partir des éléments acquis précédemment, la finalité de la thèse sera de pouvoir proposer une approche de modélisation prédictive des propriétés des bétons de chanvre, consistant précisément en :

- le développement de modèles d'homogénéisation intégrant les informations locales sur les constituants, le réseau poral et les interfaces, pour des bétons neufs et vieillis,
- la modélisation des bétons recyclés en définissant comme propriétés des granulats des bétons recyclés les propriétés effectives obtenues sur bétons vieillis et en adaptant les comportements interfaciaux,

- la confrontation des prédictions aux données expérimentales macroscopiques sur bétons neufs, vieillis et recyclés.

## Profil recherché

Le (la) candidat(e) devra être issu(e) d'une formation scientifique de niveau Master spécialisée dans la mécanique des matériaux et posséder de solides connaissances théoriques. Des compétences ou expériences dans le domaine de la caractérisation expérimentale physico-chimique et mécanique sur matériaux composites sont également recherchées. Outre des qualités techniques à attester, le (la) candidat(e) devra faire preuve de une curiosité scientifique pour aborder les différentes étapes proposées, mais aussi être force de propositions dans le déroulement de l'étude. Le (la) candidat(e) devra également posséder un bon niveau de maîtrise de l'anglais et du français et des qualités de synthèse écrites et orales.

Pour le(la) doctorant(e) qui sera recruté(e), cette thèse constituera une opportunité de monter en compétences dans les domaines de la caractérisation des matériaux et de la modélisation des comportements thermo-mécaniques. Ce projet lui permettra également d'aborder et maîtriser de nombreuses techniques expérimentales innovantes et lui offrira la possibilité de travailler dans un environnement collaboratif entre différents laboratoires de recherche et au sein d'un projet d'envergure financé par l'Agence Nationale de la Recherche. La valorisation des résultats du travail au travers de la participation à des conférences et la rédaction d'articles scientifiques développera enfin ses capacités pédagogiques et de communication en français et anglais.

## Etablissements d'accueil

Le travail de thèse s'effectuera sur le site de l'Université de Technologie Tarbes Occitanie Pyrénées (UTTOP) dans le sud-ouest de la France, précisément au sein de l'antenne de Tarbes du LMDC et du LGP.

Le Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC) est un laboratoire universitaire de recherche en science des matériaux et des structures de Génie Civil regroupant plus de 50 enseignant(e)s-chercheur(e)s. Adossée à l'UTTOP, l'antenne tarbaise du LMDC s'intéresse particulièrement aux matériaux à faible impact environnemental pour le bâtiment. Ses activités actuelles portent sur le développement et la caractérisation de matériaux bio-sourcés (comportant de la matière végétale telle que la chènevotte de chanvre, la moëlle et l'écorce de tournesol) et géosourcés (en particulier à base de terre crue). L'approche retenue est multi-échelle, abordant l'étude des granulats, des composites ainsi que des parois, et multi-physique avec la considération des propriétés thermiques, hygriques et mécaniques. Ces recherches, à forte orientation expérimentale, sont développées en lien avec les enjeux du monde socio-économique, dans une optique de construction neuve et réhabilitation du bâti ancien.

Le Laboratoire Génie de Production est une unité reconnue par le ministère français de l'Enseignement supérieur et de la Recherche depuis 1991. Il développe une recherche multidisciplinaire orientée vers l'excellence en ingénierie des matériaux, des systèmes et des procédés, et est structuré autour de plusieurs équipes thématiques. Le (la) doctorant(e) rejoindra le département scientifique Mécanique-Matériaux-Procédés, spécialisé dans la durabilité, la fiabilité et la caractérisation multi-échelle des matériaux polymères et composites.