

#### Titre du PostDoc

---

## Analyse microstructurale des empilements granulaires biosourcés pour une modélisation multiphysique consolidée

#### Niveau recommandé

---

Doctorat

#### Compétences requises

---

Discipline principale : Génie-civil

Autres disciplines abordées : Science des matériaux, Traitement d'images, Mathématiques appliquées, Acoustique, Mécanique, Hygrothermique

#### Description

---

Les matériaux de construction biosourcés présentent de multiples atouts, comme leur disponibilité à l'échelle locale et leurs **performances fonctionnelles sur les plans mécanique, acoustique et hygrothermique**. La nouvelle Règlementation Environnementale RE2020 impose la prise en compte de l'impact "pouvoir de réchauffement climatique" sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments. Dans ce cadre, les **matériaux biosourcés, qui séquestrent du CO<sub>2</sub>, ont un vrai rôle à jouer**.

Les produits biosourcés fabriqués à partir de particules végétales constituent ainsi des solutions à grand potentiel pour l'isolation des bâtiments. La maîtrise de leurs performances fonctionnelles pose toutefois encore aujourd'hui **un certain nombre de questions directement liées à leur microstructure**, caractérisée par une importante porosité répartie sur plusieurs échelles.

Pour répondre à cette problématique, des caractérisations préliminaires ont été réalisées en microtomographie à rayons X, au laboratoire Navier, puis au **Synchrotron Soleil (Septembre 2021)**. Les essais ont porté sur trois granulats végétaux très différents : moelle de tournesol (fig. 1), chènevotte de chanvre et roseau broyé ; caractérisés in situ à différentes phases de compaction, à l'état sec ou humide.

Ce postdoc s'inscrit dans la poursuite de ces recherches, et aura comme objectif principal de **faire le lien entre la microstructure reconstruite grâce aux images synchrotron, et les performances multiphysiques des empilements granulaires biosourcés**. Ces travaux déboucheront sur une modélisation fine du comportement multiphysique des empilements granulaires biosourcés et donneront lieu à des applications **d'optimisation des performances des produits biosourcés** dérivés pour le bâtiment.

## Programme de travail

---

Le postdoc sera articulée autour de deux volets fondateurs.

1. Le premier volet visera à consolider et analyser les données d'entrée de microstructure des matériaux.

Ce volet débutera par l'**exploitation des images synchrotron** obtenues en septembre 2021 (fig. 2) lors de la première campagne de mesure.



Figure 1 : Empilement de particules de moelle de tournesol (avant compaction)

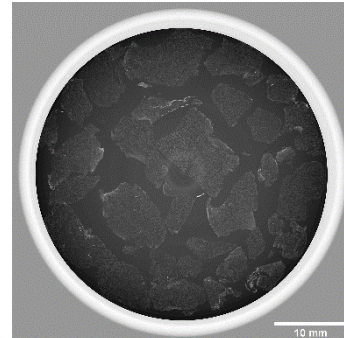


Figure 2 : Image de microtomographie des particules de moelle de tournesol (vue en coupe, Synchrotron Soleil, ligne Anatomix)

Il s'agira plus précisément de travailler sur les **reconstructions 3D des scans issus de la microtomographie** pour (i) isoler et caractériser les particules et les pores dans l'échantillon (géométrie, distribution de tailles, répartition spatiale, etc.), (ii) évaluer les densités des particules et (iii) caractériser l'évolution des empilements et les déformations des particules. La localisation de l'eau dans les échantillons humides pourra également être étudiée. Des développements spécifiques seront nécessaires pour analyser ces images faiblement contrastées (fig. 2) et pourront s'appuyer sur des techniques utilisant l'intelligence artificielle (modèle de réseau de neurones). En fonction de l'avancement du postdoc, des observations complémentaires pourront être effectuées grâce au microtomographe présent au laboratoire.

Une seconde campagne de mesure au Synchrotron pourrait être programmée dans le cadre du postdoc afin de compléter la campagne initiale. Le ou la candidat(e) participera à la préparation, à la réalisation et au dépouillement de cette campagne complémentaire sur la base des protocoles et outils qui auront été développés pour la première campagne.

2. Le second volet s'attachera à faire le lien entre les caractéristiques microstructurelles et les propriétés fonctionnelles

Ce volet sera réalisé sur la base des travaux d'analyse d'images mentionnés dans le volet 1 et avec l'appui de stagiaires niveau Master 2.

Trois approches seront menées dans ce cadre. Il y aura pour commencer un travail de **caractérisation mécanique, acoustique et hygrothermique des empilements granulaires biosourcés** à l'échelle macroscopique. Ce travail sera mené à l'échelle du matériau (dimension caractéristique : 5cm x 5cm x 5cm).

Il s'agira ensuite d'un travail de modélisation. Des **relations de comportement mécanique, acoustique et hygrothermique seront établies** à l'échelle mésoscopique (Adaptation de modèles empiriques et/ou phénoménologiques de la littérature). Les effets des différentes caractéristiques des empilements (orientation des particules, arrangement granulaire, zones de contacts, volume de porosité interparticulaire, tortuosité, ...) pourront alors être quantifiés afin de construire pour chaque type de propriétés un modèle analytique simplifié. En parallèle, des empilements numériques descriptifs de géométries d'empilements réels (Volumes Elémentaires Représentatifs – VER – issus des données synchrotron) pourront être utilisés comme données d'entrée pour des simulations numériques.

## Profil recherché

Le ou la candidat(e) devra être diplômé(e) en 2024 d'une thèse de doctorat dans une des disciplines suivantes : Traitement d'images, mathématiques appliquées et intelligence artificielle, sciences des matériaux. Il (elle) devra être attiré(e) à la fois par le traitement d'images, la modélisation et les investigations expérimentales en laboratoire. Le ou la candidat(e) devra faire preuve d'autonomie. La maîtrise de langages de programmation (Python) et de l'anglais est un atout.

## Lieu du postdoc

---

Ecole des Ponts ParisTech, Laboratoire Navier, Marne La Vallée

et

Cerema, UMRAE, Strasbourg

La localisation sera partagée entre l'Ecole des Ponts ParisTech (Laboratoire Navier, Marne La Vallée) et le Cerema, (UMRAE, Strasbourg) selon des modalités à discuter avec le ou la candidat(e).

## Encadrement

---

- Camille Chateau (Laboratoire Navier)
- Philippe Glé (UMRAE)
- Thibaut Lecompte (UBS)

## Financement

---

- Financement par le Cerema de début 2024 à fin septembre 2025

## Contacts

---

Les candidatures sont à remonter avec CV et lettre de motivation par mail à :

**Camille Chateau**, [camille.chateau@enpc.fr](mailto:camille.chateau@enpc.fr) , <https://navier-lab.fr/>

**Philippe Glé**, [philippe.gle@cerema.fr](mailto:philippe.gle@cerema.fr) , [www.umrae.fr](http://www.umrae.fr)

**Thibaut Lecompte**, [thibaut.lecompte@univ-ubs.fr](mailto:thibaut.lecompte@univ-ubs.fr) , <https://www.irdl.fr/>