

# Caractérisation de la microstructure d'un empilement de chènevotte à partir d'images de tomographie

Tinhinane Chekai<sup>1</sup>, Camille Chateau<sup>2</sup>, Philippe Glé<sup>3</sup>, Thibaut Lecompte<sup>4</sup>

1: CEREMA, Univ Gustave Eiffel, UMRAE, 2: Laboratoire Navier, ENPC, Univ Gustave Eiffel, CNRS, 3: Cerema - UMRAE, 4: Univ. Bretagne Sud, UMR CNRS 6027, IRDL



## 1.Introduction

### Objectif:

- Comprendre et maîtriser les performances de matériaux biosourcés en lien avec leur microstructure.

### Méthodes:

- Analyse d'un empilement de particules de chènevotte grâce à la tomographie aux rayons X (synchrotron Soleil), à différents niveaux de compaction.

### Défis:

- Microstructure complexe.
- Images faiblement contrastées et présence d'artefacts.

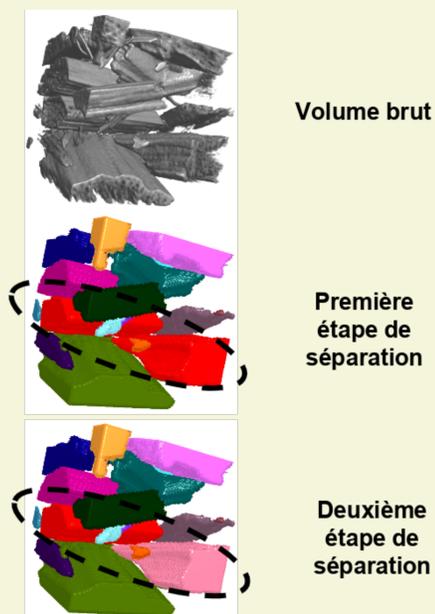
## 4.Perspectives

### Objectif 1:

- Individualisation des particules dans le volume de chènevotte, nécessaire pour analyser finement leurs géométrie et distribution spatiale.

### Méthodes:

- Combinaison de l'utilisation du tenseur de structure (sensible à la texture de l'image) et d'un algorithme de séparation par Watershed (1ère étape).
- Application d'un Watershed local pour séparer les particules encore collées (2ème étape).



### Objectif 2:

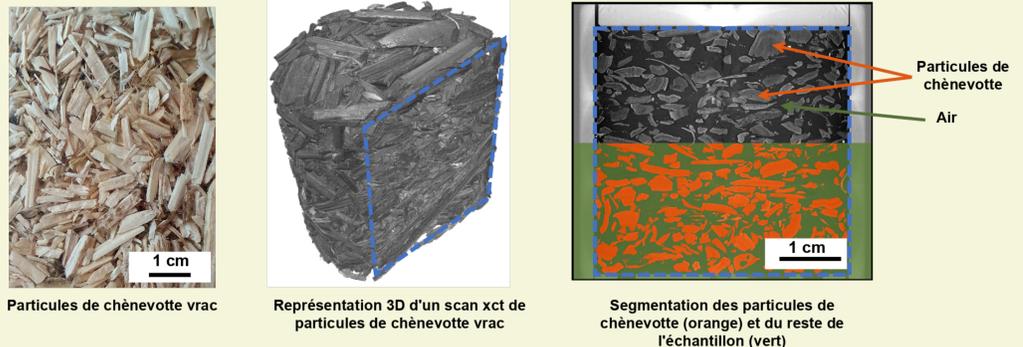
- Étude de la densité locale des particules de chènevotte.

### Méthodes

- Utilisation d'échantillons de calibration.
- Utilisation de la relation entre la valeur de gris et la densité déjà connue des échantillons de calibration [1], en faisant l'hypothèse d'une relation linéaire entre l'atténuation des rayons X par le matériau et sa masse volumique (loi de Beer-Lambert)

## 2.Segmentation particules/air

- La segmentation des données a été réalisée à l'aide du Deep Learning.
- Le modèle « generic U-Net dl-7 ifc32 », proposé par l'équipe Dragonfly ORS, a été utilisé pour l'entraînement.



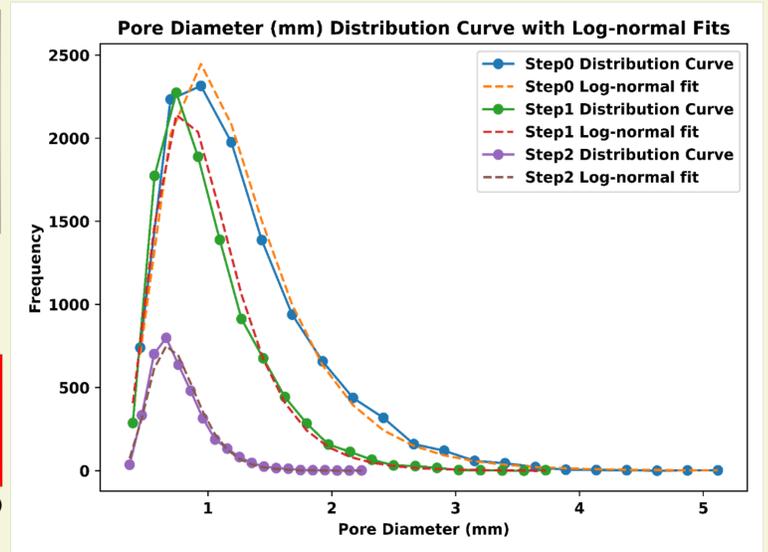
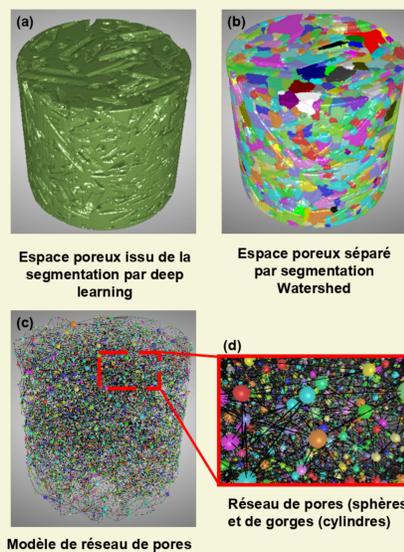
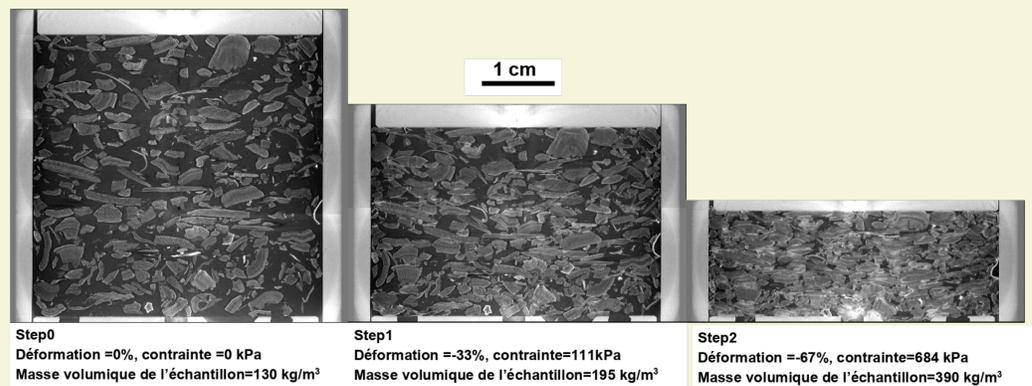
## 3.Propriétés du réseau poreux

### Création du modèle de réseau de pores:

- Utilisation du plugin OpenPNM (Dragonfly ORS) [2].
- Binarisation de l'espace poreux (figure (a)).
- Séparation de l'espace poreux par segmentation Watershed (figure (b)).
- Dans le modèle résultant, les gorges sont représentées par des cylindres et les pores par des sphères (figure (c) et (d)).

### Analyse des distributions des tailles de pores

- La taille moyenne des pores diminue, et la distribution devient plus étroite
- Les tailles de pores deviennent plus uniformes avec la compression.
- Le comportement observé correspond à la densification des matériaux granulaires sous compression, ce qui réduit les espaces interparticulaires et rend la structure globale plus compacte.



## 5.Références

- P. Glé, T. Lecompte, A. Hellouin de Ménibus, H. Lenormand, S. Arufe, C. Chateau, V. Fierro, A. Celzard: *Densities of hemp shiv for building: From multiscale characterisation to application*, Industrial Crops and Products, 2021, vol. 164, p. 113390.
- J. Gostick, M. Aghighi, J. Hinebaugh, T. Tranter, M. A. Hoeh, H. Day, B. Spellacy, M. H. Sharqawy, A. Bazylak, A. Burns, W. Lehnert, and A. Putz: *OpenPNM: A Pore Network Modeling Package*, Computing in Science and Engineering, 2016, vol. 18, p. 60-74.