

Etude du comportement mécanique de matériaux isolants à base de fibres de bois : caractérisation à partir de techniques d'imagerie non destructives

H. Tran, P. Doumalin, C. Delisée, J-C. Dupré, A. Germaneau, J. Malvestio, J-P. Da Costa, P. Vignon, J. Moreau



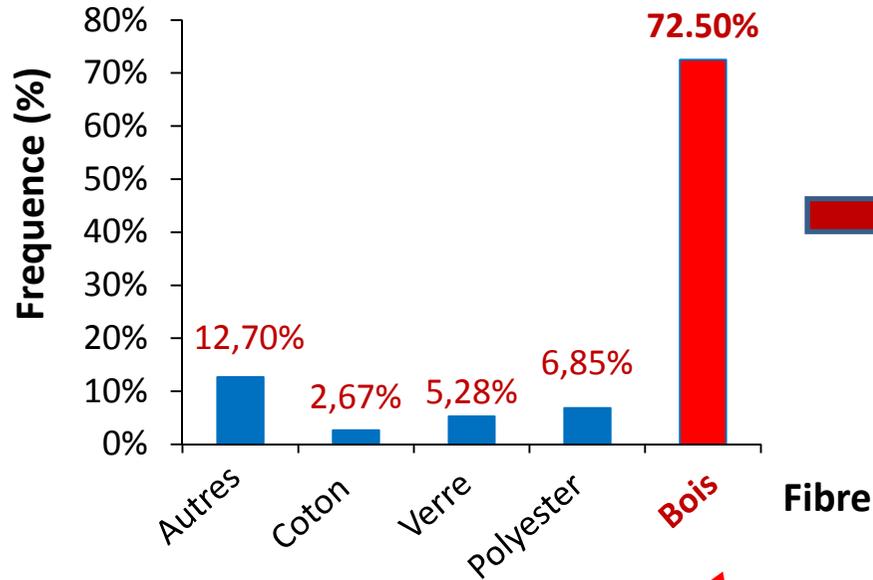
Contexte et Objectifs

ADEME

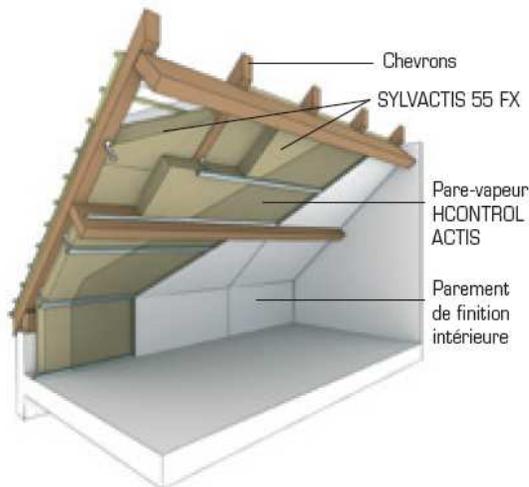


Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

% d'utilisation des fibres en France
(INRS 2008)



Projet
ECOMATFIB



ISOLATION

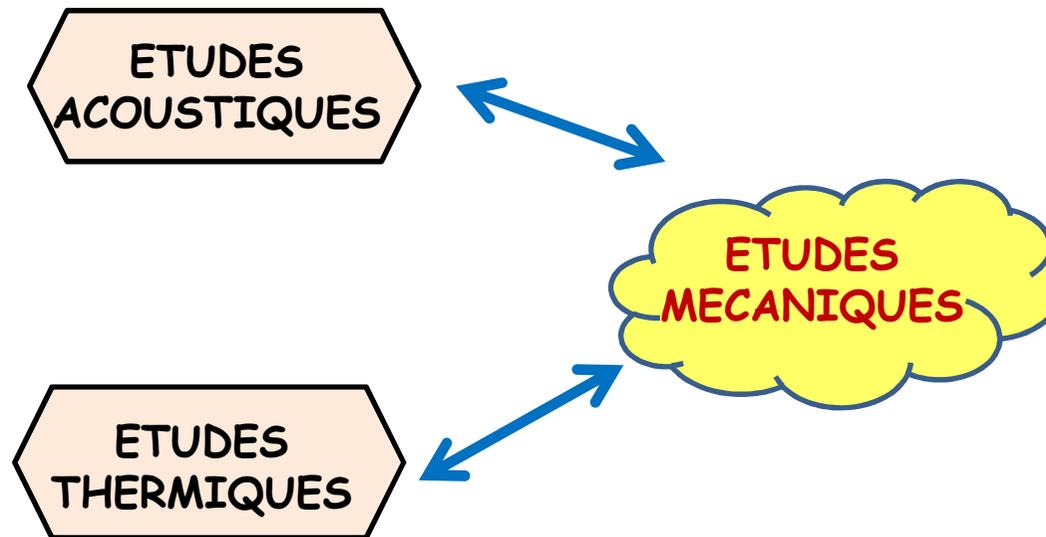
50% des IBV et IBA
(PIPAME 2010)

Objectif :

Optimisation des performances des matériaux composites à base de fibres de bois pour l'isolation :

- matière première
- Procédés
- Structure
- Performances
- fin de vie.

Contexte et Objectifs

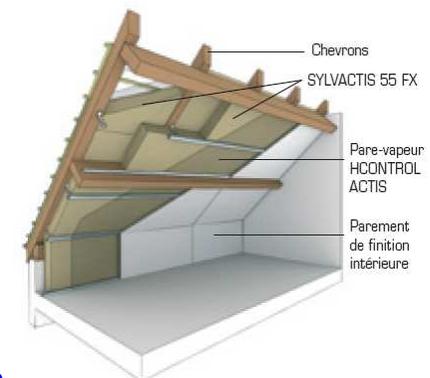


Résistance thermique

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Epaisseur

Conductivité thermique



Exécution

- ❑ Peu d'études sur la compressibilité des isolants biosourcés et sur la relation thermique/compressibilité
- ❑ Matériau complexe : étude des performances mécaniques aux différentes échelles en lien avec les performances globales du matériau

Matériaux : panneaux isolants à base de fibres de bois

■ Procédé d'élaboration :

- Textile non tissé adapté aux fibres de bois
- Mélange de fibres de bois et de fibres polymères

→ *Structure 3D fortement poreuse et hétérogène*

■ Différents types de fibres de bois :

Pin Maritime, Pin Taeda, Eucalyptus, Peuplier, Chanvre

■ Différents types de fibres bicomposantes:

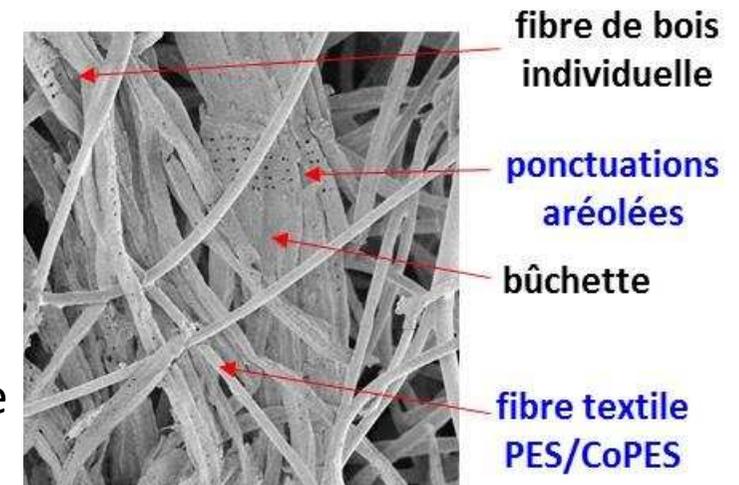
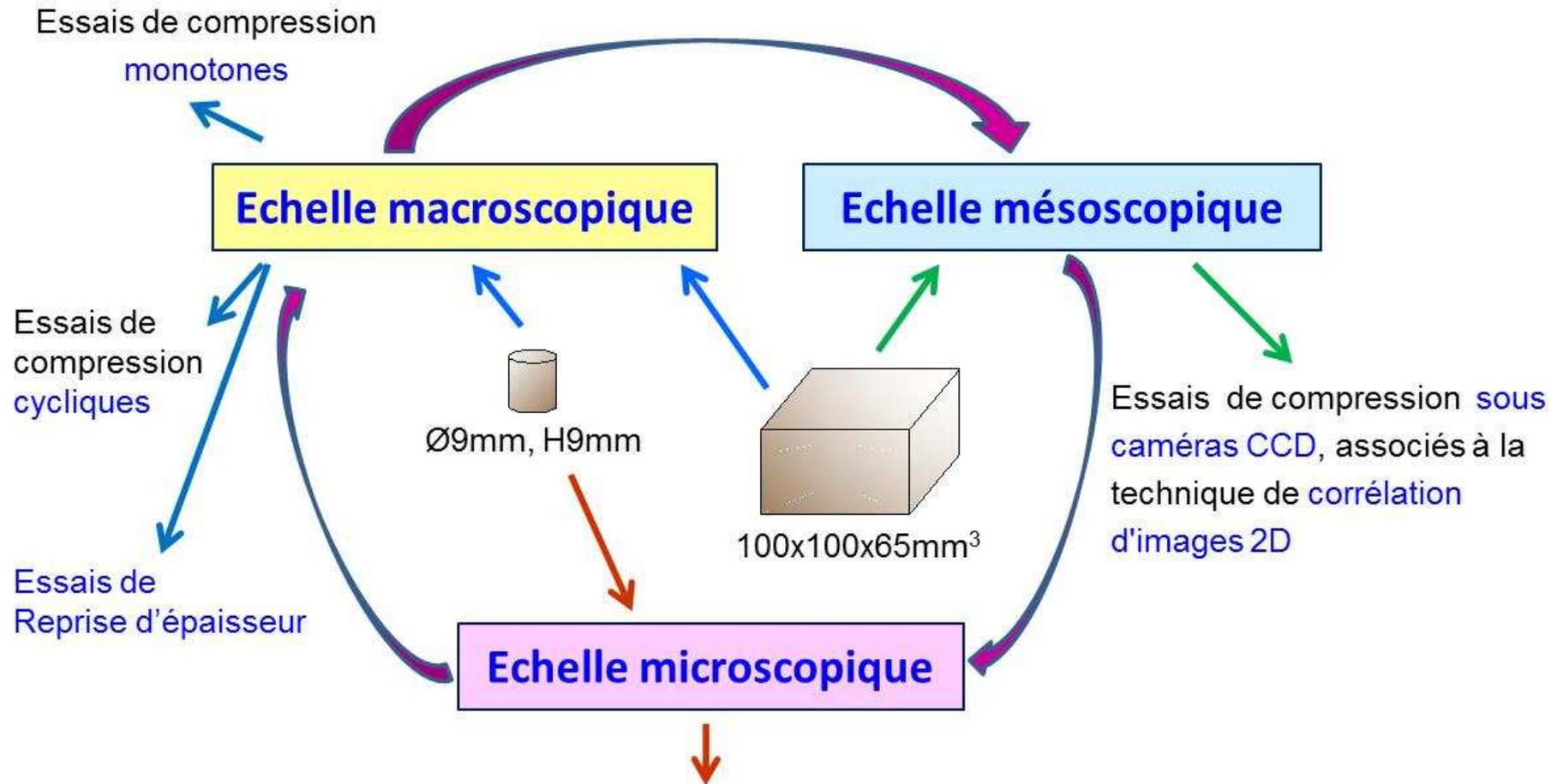


Image MEB d'une coupe longitudinale de panneaux Bois/PES (940x940 μm^2)

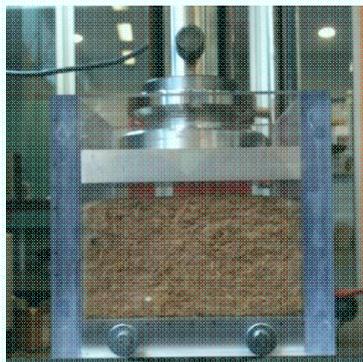
■ Différents panneaux isolants :



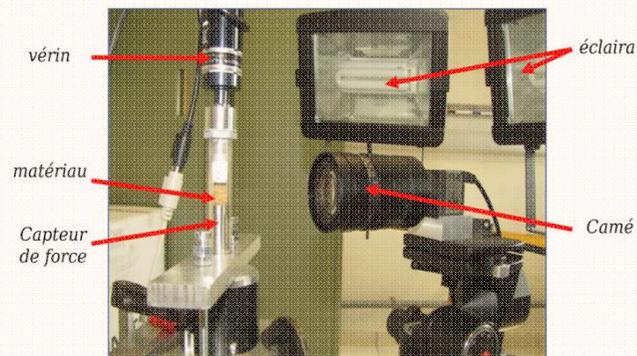
Méthodologie multi-échelle



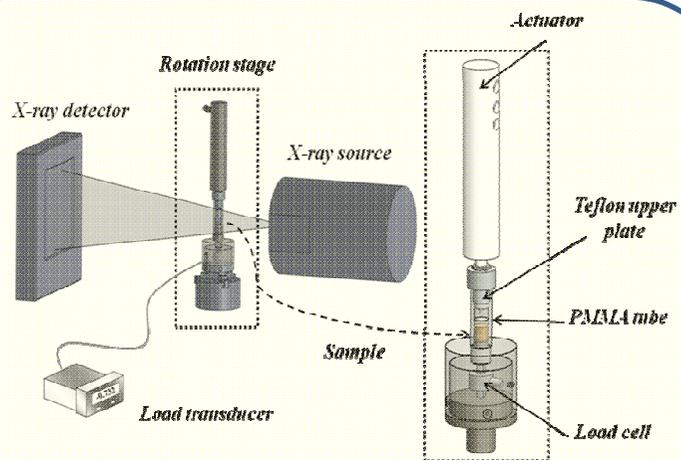
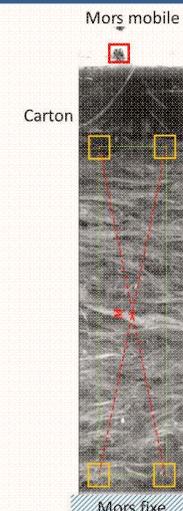
Moyens mis en œuvre



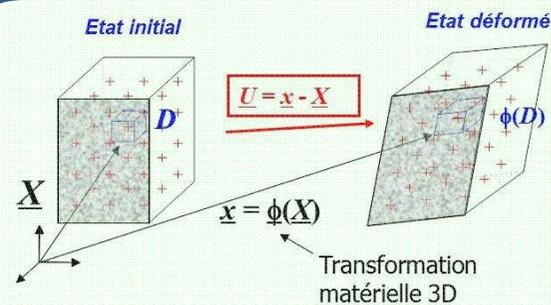
Système de compression sur grands échantillons (100x100mm²)



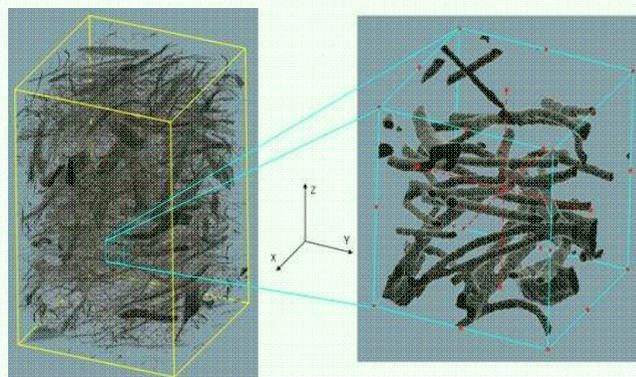
Système de l'essai de reprise en épaisseur (Ø9mm, H10mm)



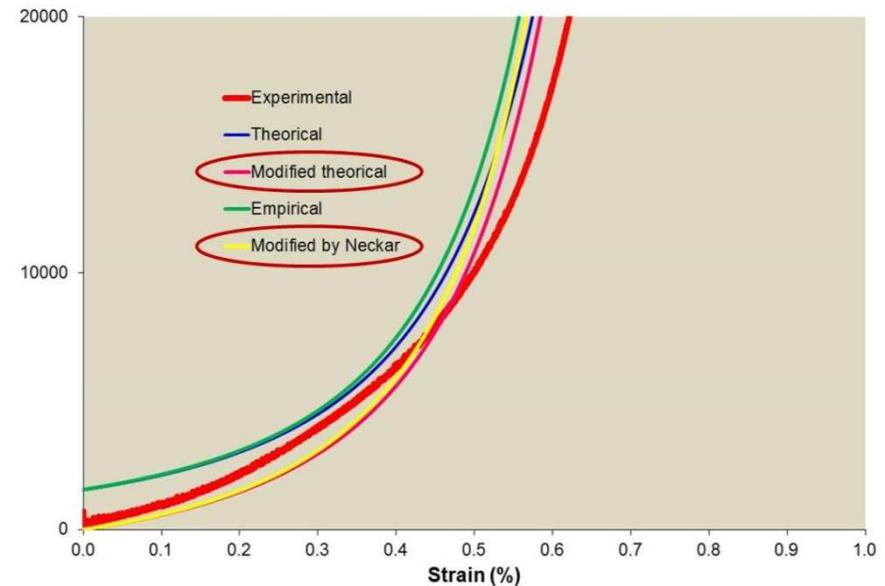
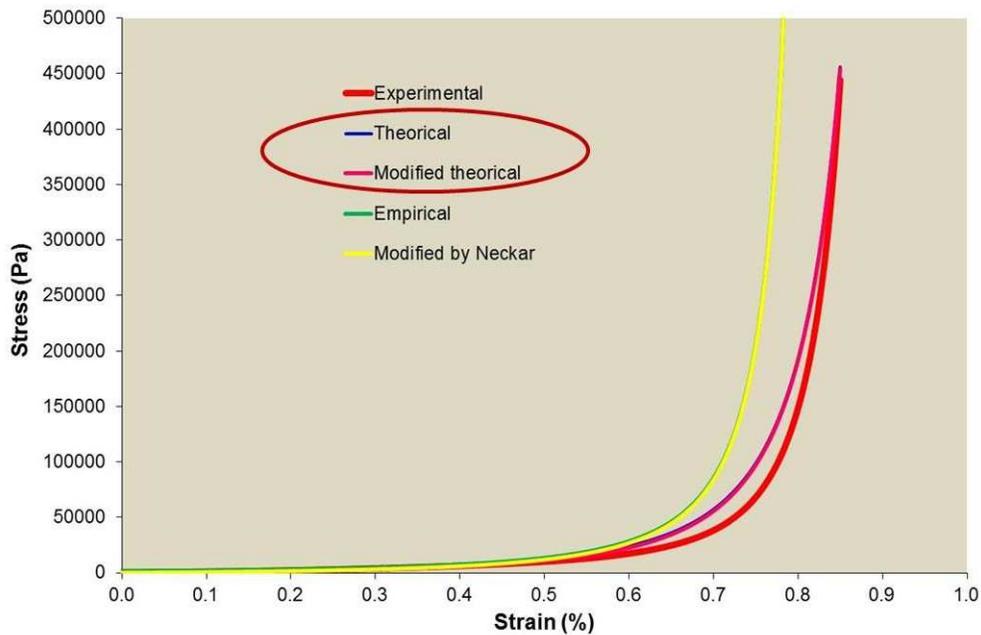
Principe d'acquisition d'images par microtomographie
Essais de compression sous imagerie



Technique de corrélation d'images volumiques (DVC) (Ø9mm, H10mm)



Caractérisation macroscopique



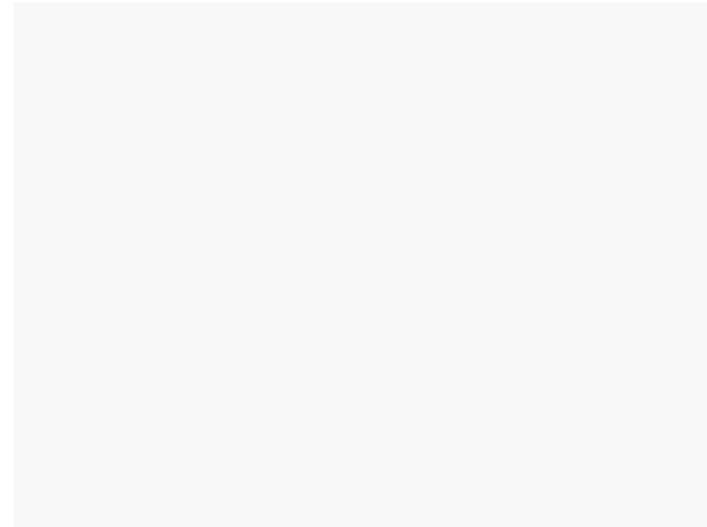
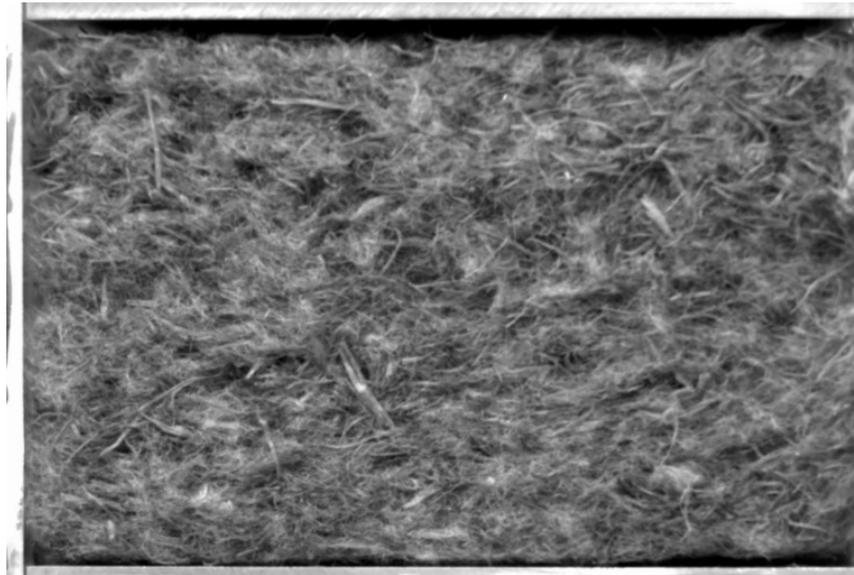
Ajustement du modèle Van Wyk aux résultats expérimentaux

$$p = k_p (\mu^3 - \mu_0^3)$$

K_p material constant depending on fiber assembly properties

μ, μ_0 fiber volume fraction at one state and at initial state

Caractérisation mésoscopique



Evolution de la surface du matériau et de la déformation selon l'axe de compression pendant l'essai sous caméras CCD

Essai de compression du panneau Isoroy (100x100x65mm³)

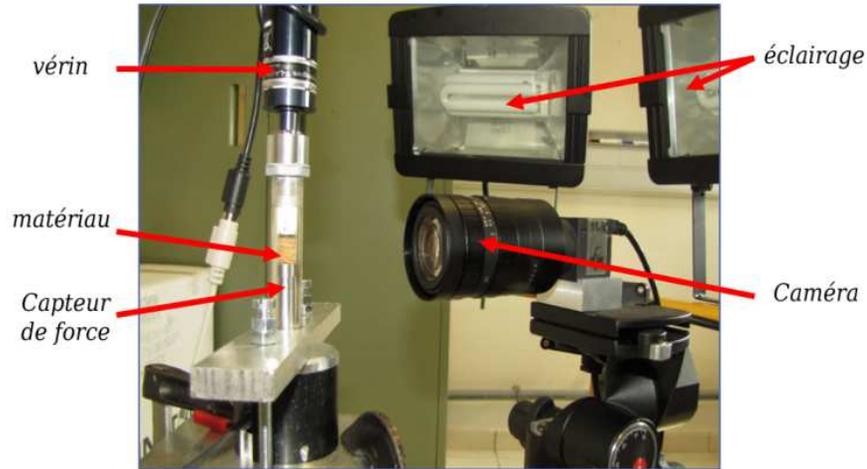
- Comportement **hétérogène**
- **Déformation par strates** liée au procédé d'élaboration
- **DIC fonctionne bien**



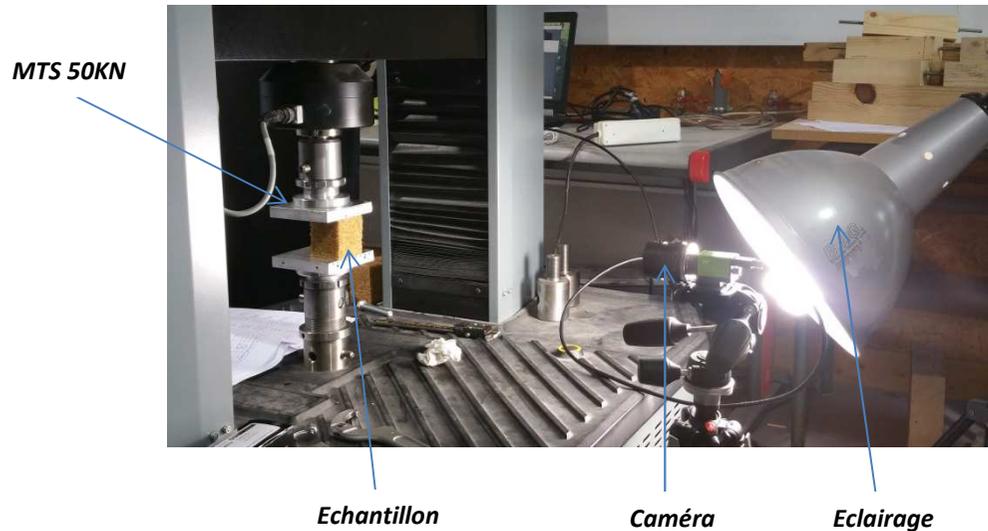
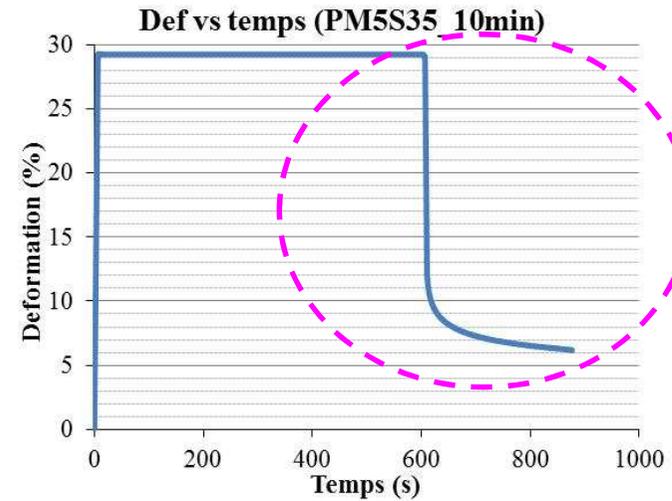
NOUVELLE ETUDE

Caractérisation expérimentale de la reprise en épaisseur de matériaux fibreux

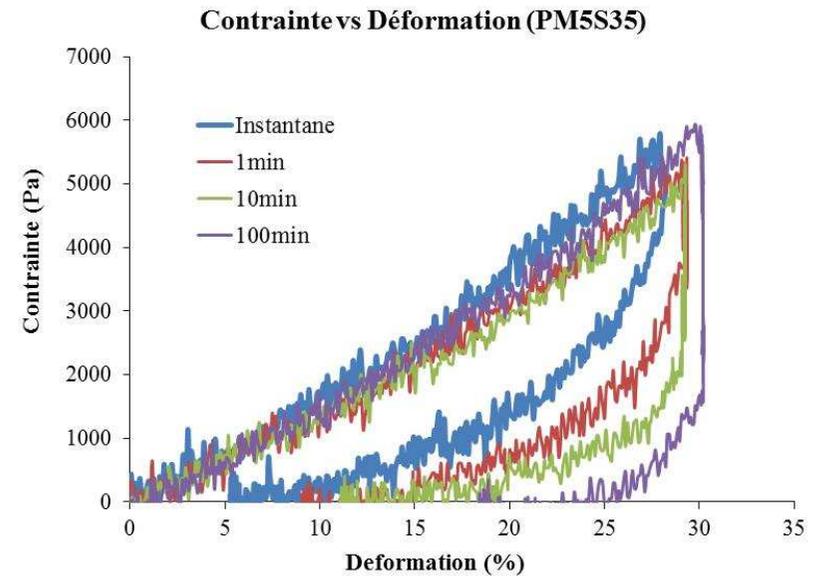
Caractérisation mésoscopique



Montage d'essai de reprise en épaisseur,
échantillon cylindrique (H10mm, Φ 10mm)
(M2 Poitiers, Pétureau, 2015)



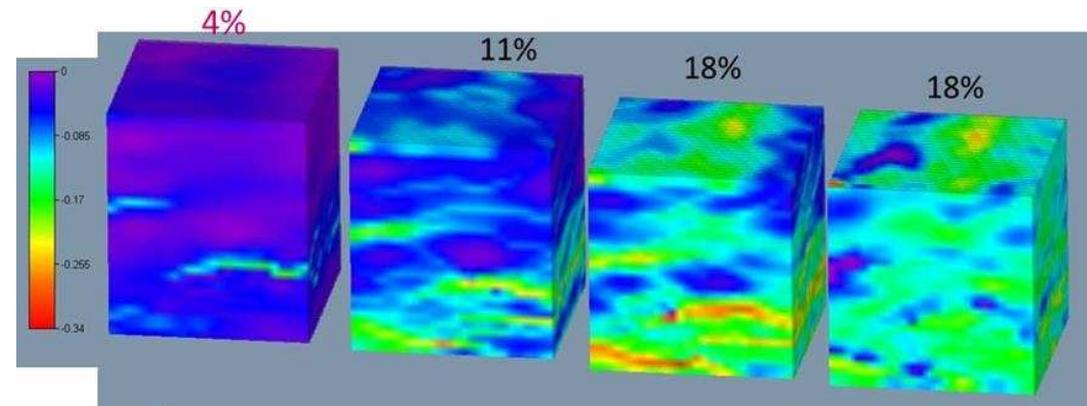
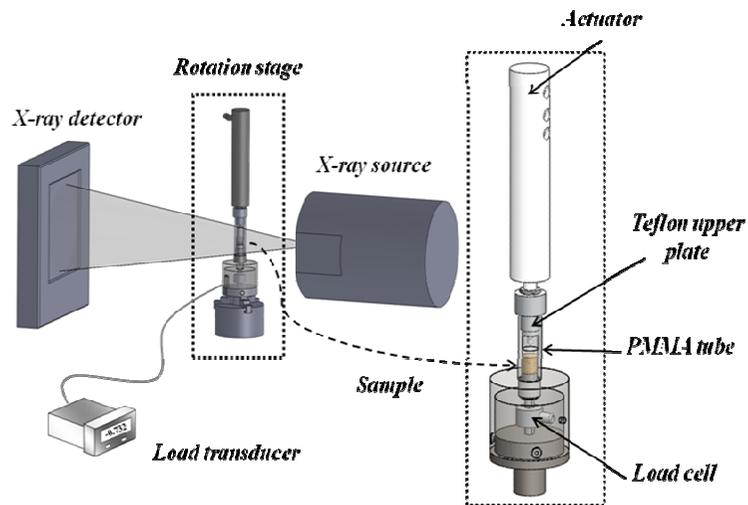
Montage d'essai de reprise en épaisseur,
échantillon cubiques 50x50xE(mm³)



Résultats de reprise en épaisseur du panneau
PM5S35, échantillon cubiques 50x50xE(mm³)

Caractérisation microscopique

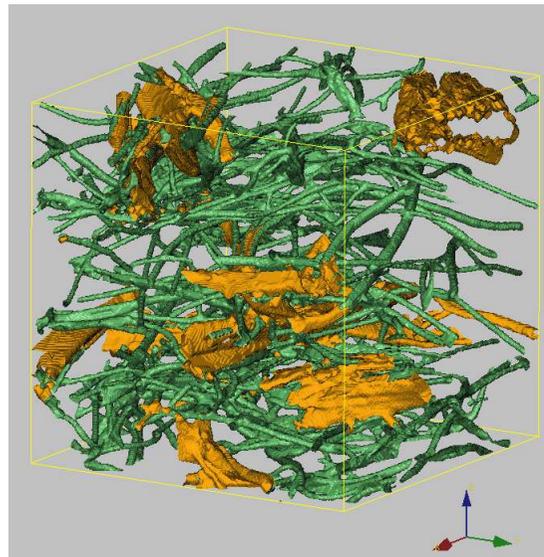
- ❑ Essai tomo (Institut P') : Résolution $5,7\mu\text{m}$; 18 états de charge/décharge (de 4% à 67%), taux de compression maximal de 67% Champs de déformation 3D



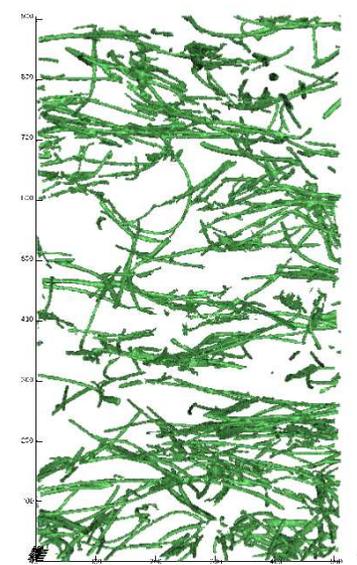
Champs E_{zz} de 4%, 11%, 18% avant/après reprise par DVC

Montage d'essai sous microtomographie aux rayons X

Visualisation 3D d'un réseau Bois/PES après segmentation (300x300x300voxels)

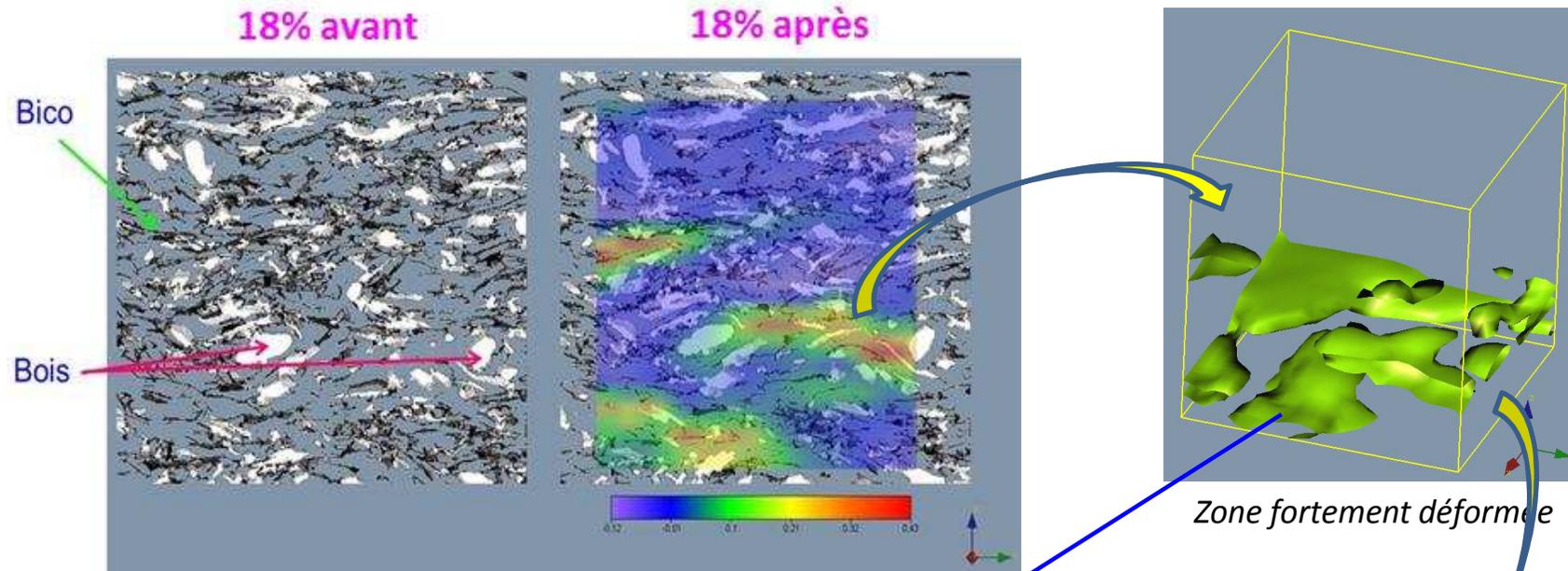


Réseau Bois

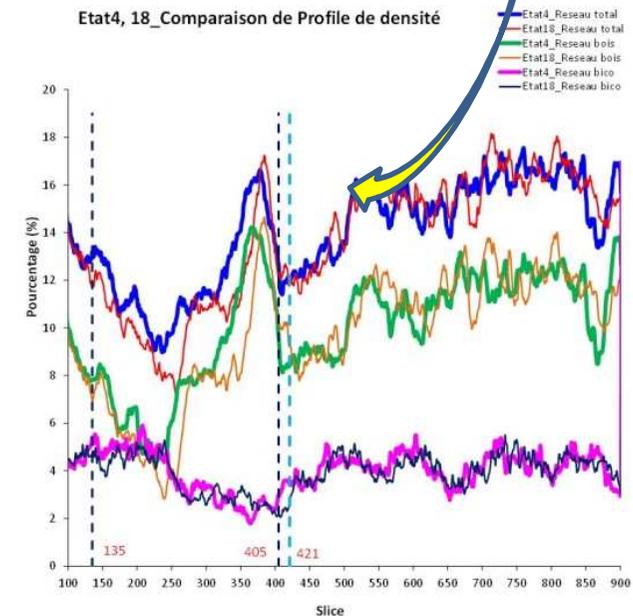
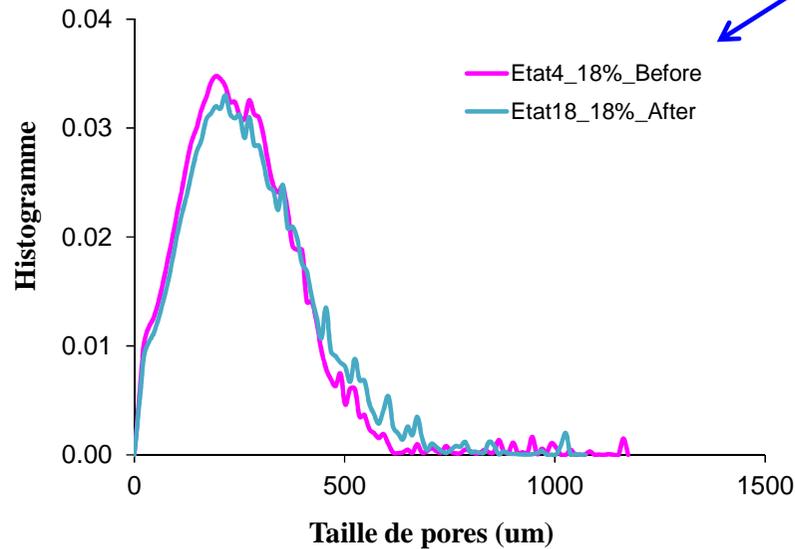


Réseau Bico

Caractérisation microscopique



Superposition carte de déformation 3D avec les réseaux fibreux à 18% avant/après la reprise



Profil de densité d'états 18% avant/après

Caractérisation microscopique

■ Nouveaux outils d'analyse d'images :

- Evolution d'orientation locale d'un point dans les états comprimés consécutifs
- Contact entre les fibres : nombre, distance entre contacts, évolution lors de la charge / décharge

⇒ En cours de développement (Images PLACAMAT)

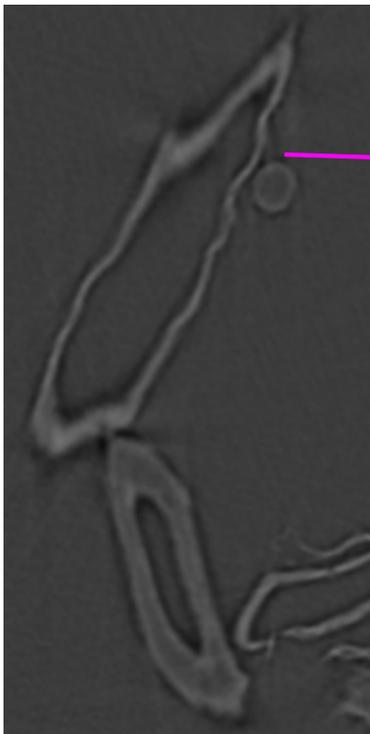


Image NDG de PM5S35 à haute résolution $0,7\mu\text{m}/\text{voxel}$ ($205 \times 280 \text{ pixels}$ ou $0,143 \times 0,196 \text{ mm}^2$)

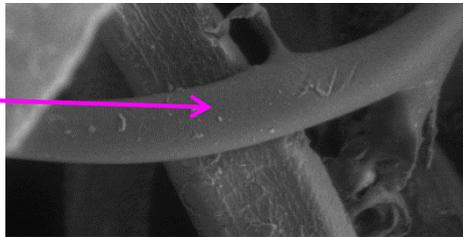
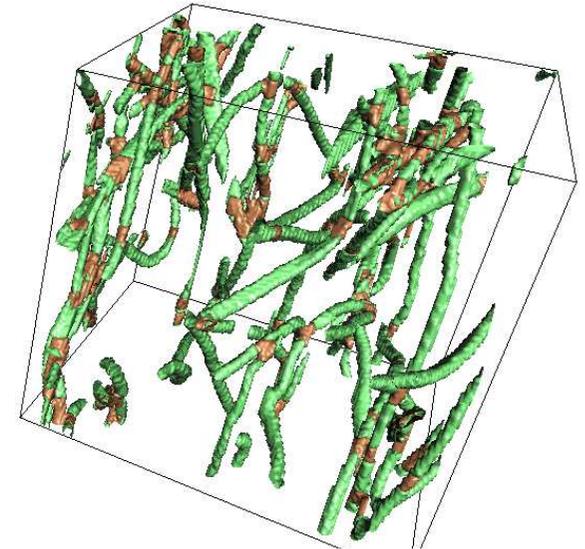
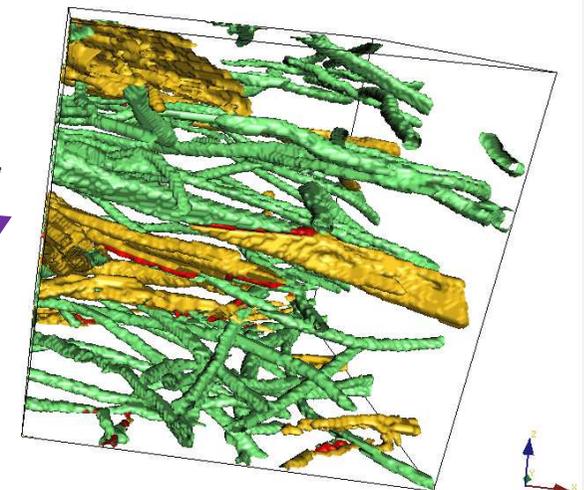
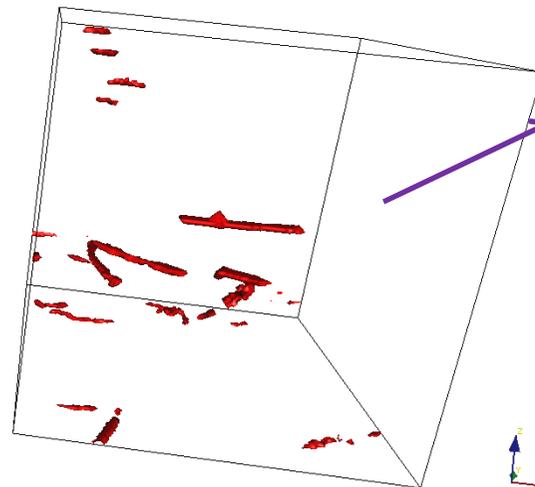


Image MEB de PM5S35 (Nantes)



Contact bico/bico d'Isoroy
($150 \times 150 \times 150 \text{ voxels}$ ou $0,86 \times 0,86 \times 0,86 \text{ mm}^3$)



Contact bois/bico d'Isoroy