

# Modélisation multiphysique de l'élaboration d'une mousse bio-sourcée à base de tanins

V. Nicolas, Z. Marie, A. Celzard, V. Fierro.

Institut Jean Lamour, UMR Université de Lorraine - CNRS n°7198, Epinal, France

**Objectif : Comprendre et optimiser la synthèse de mousses bio-sourcées, bon marché et ininflammables pour l'isolation du bâtiment.**

Développement du modèle avec validation expérimentale

Optimisation

Standardisation et industrialisation

## Description initiale du processus

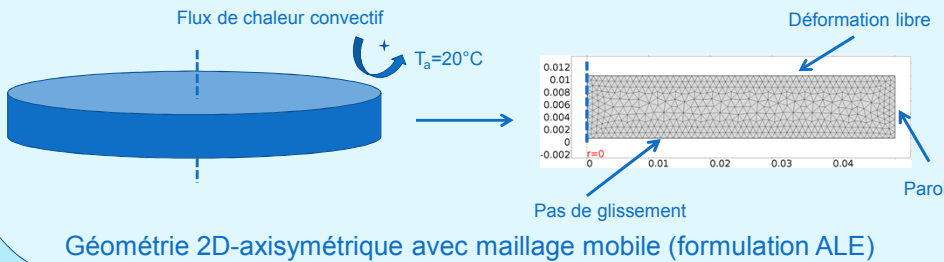
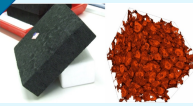
### Formulation du mélange

Extractions de tanins  
Alcool furfurylique  
Eau + Formaldéhyde  
Éther diéthylique  
(à 20°C et 1 atm)

### Polymérisation

Réaction exothermique  
Augmentation des propriétés mécaniques  
**Expansion de la mousse**  
Changement de phase  
Réaction endothermique

### Mousse finale



## Développement du modèle

Conservation de la masse d'éther diéthylique (liquide vapeur)

$$\frac{\partial \rho_{de;l}^a}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho_{de;l}^a \vec{u}) = -K_{de}$$

$$\frac{\partial \rho_{de;g}^a}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho_{de;g}^a \vec{u}) = K_{de}$$

Conservation de la masse de solide

$$\frac{\partial \rho_s^a}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho_s^a \vec{u}) = 0$$

Conservation de l'énergie

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\vec{Q} + H\vec{u}) = 0$$

Conservation de la quantité de mouvement

$$\frac{\partial (\rho \vec{u})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\vec{\tau} + (P - P_{atm}) \vec{I} + \rho \vec{u} \vec{u}) = \rho \vec{g}$$

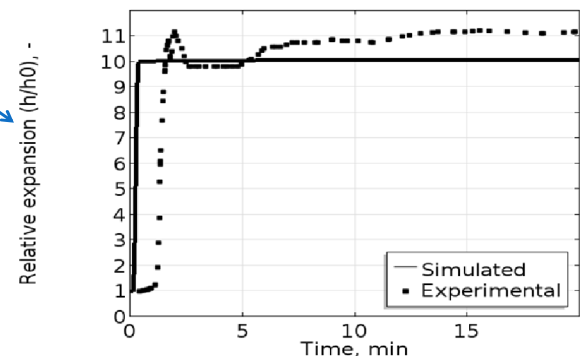
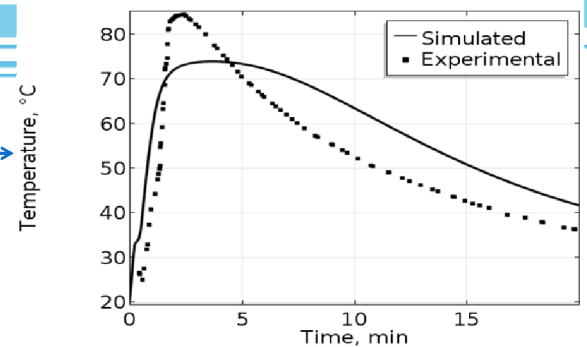
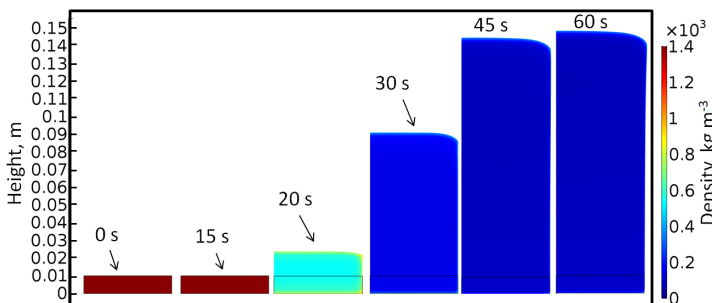
Équation de polymérisation

$$\frac{\partial (\xi)}{\partial t} = k \times e^{-\frac{E_a}{RT}} (A + \xi^m)(1 - \xi)^n$$

## Comparaison Simulation/Expériences

### Résultats et discussion

- **Température**
  - Augmentation rapide durant les deux minutes, suivie par un lent refroidissement dans les deux cas (simulation et expérimental)
  - Température maximale simulée sous-estimée (74°C) par rapport aux expérimentations (85°C)
- **Expansion**
  - Trois comportements pour les deux cas (simulation et expériences)
    - Étape 1 : Volume constant
    - Étape 2 : Expansion rapide
    - Étape 3 : Volume constant
  - Simulation plus rapide (l'accroissement commence à 20s) et surestimée par rapport aux expérimentations



### Conclusion

- Les tendances générales sont en adéquation avec les évolutions expérimentales
- Des analyses de sensibilité et une étude paramétrique sont encore nécessaires pour de futures améliorations