

# Effet de l'ajout de fibres de *Posidonia-Oceanica* sur les propriétés thermiques et mécaniques d'une pâte de ciment

*Ons HAMDAOUI*

Toulon, le 06 juin 2019  
CNR\_IUT 2019

- Thermophysique
- Mécanique

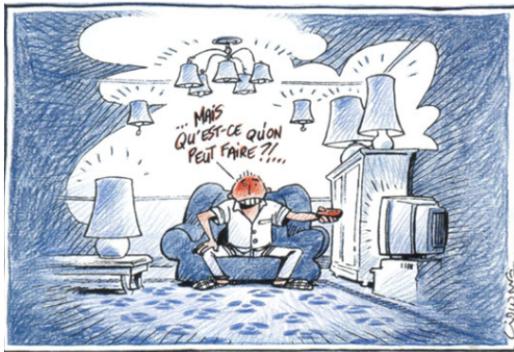
# Contexte : Réduction de la consommation énergétique des bâtiments



2040

2012

Développement des activités industrielles



Secteur du bâtiment: Grande consommation d'énergie



Épuisement de ressources énergétiques



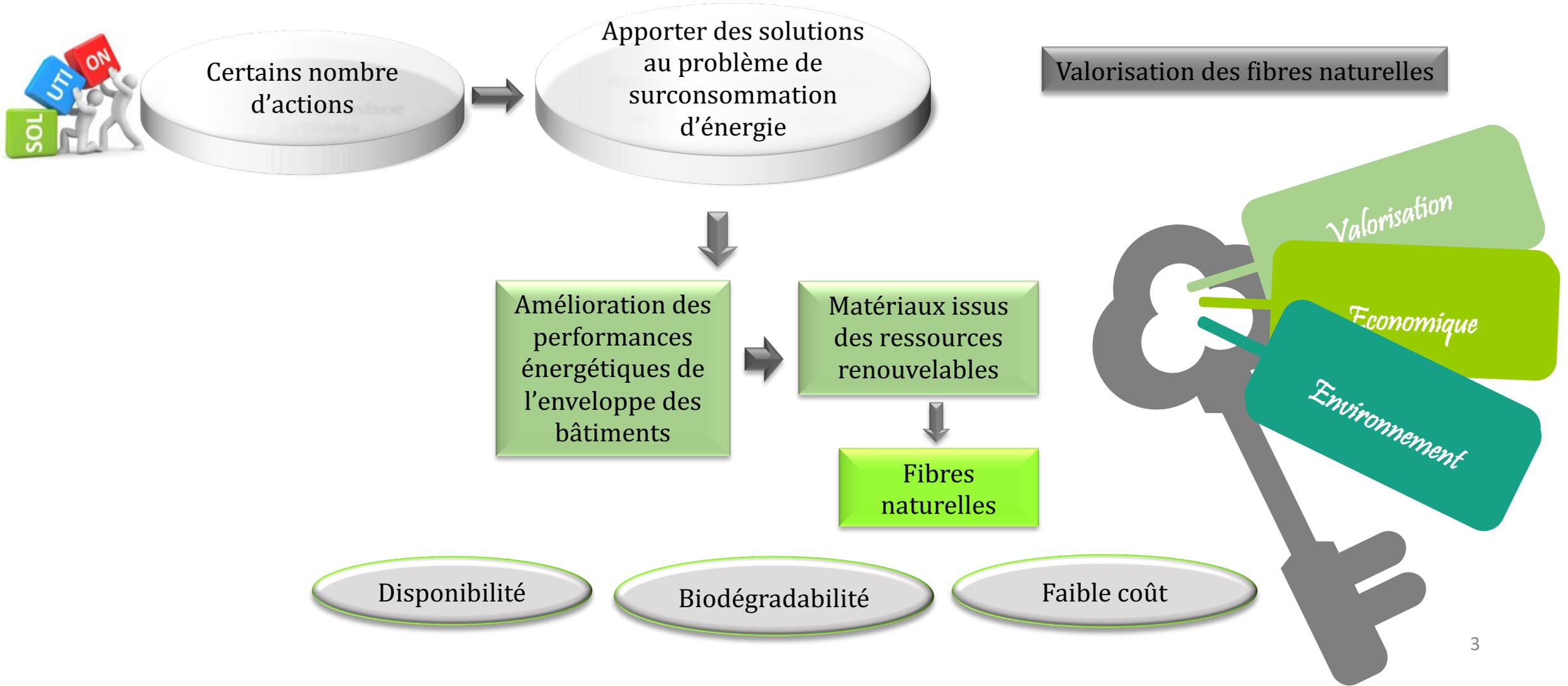
Impacts sur l'environnement

Forte urbanisation

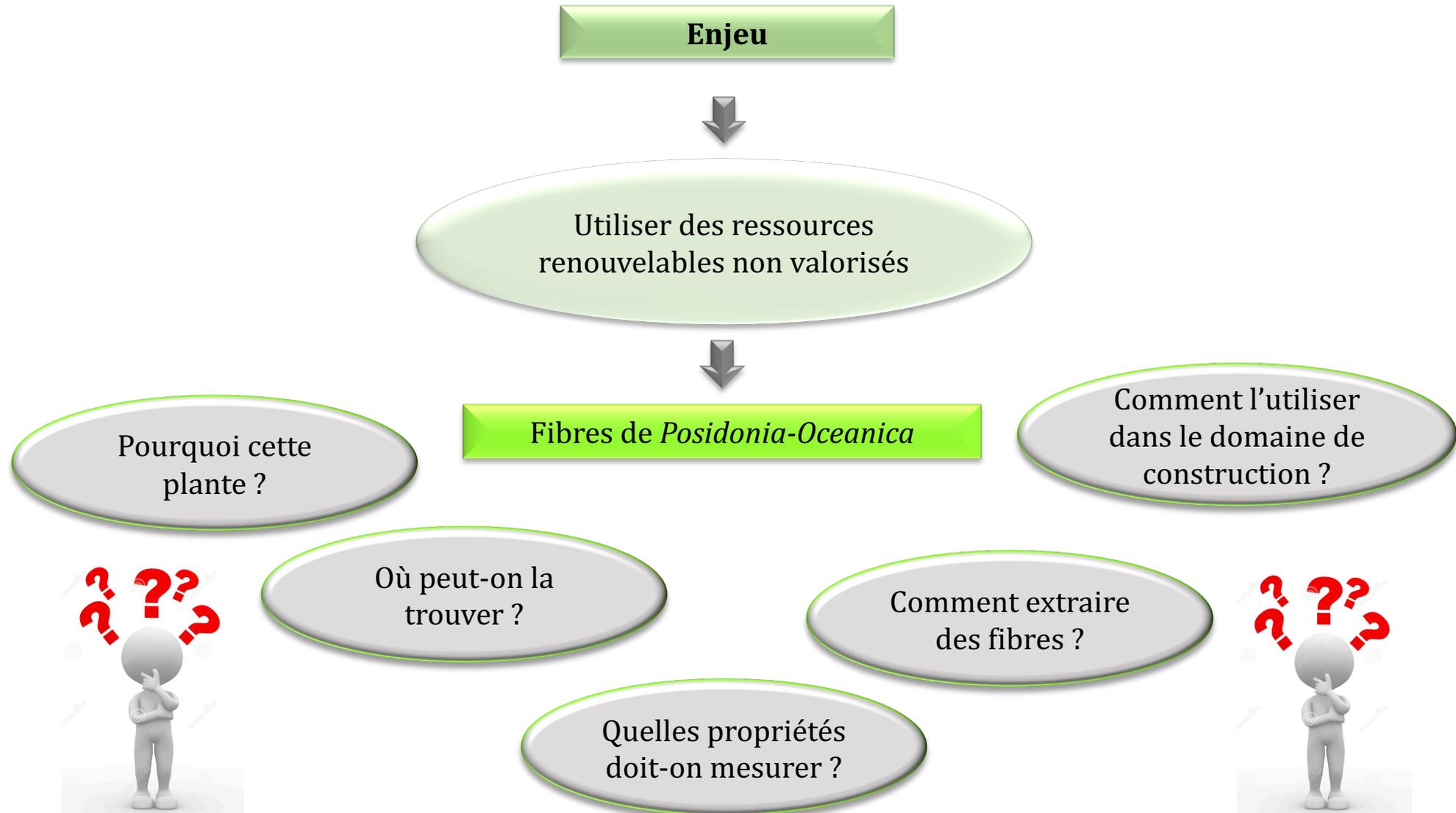
Diffusion des besoins de confort

- Thermophysique
- Mécanique

## Contexte de la thèse : Réduction de la consommation énergétique des bâtiments



- Thermophysique
- Mécanique



- Thermophysique
- Mécanique

# Présentation de la plante marine de *Posidonia-Oceanica*

*Posidonia-Oceanica*



Plante marine

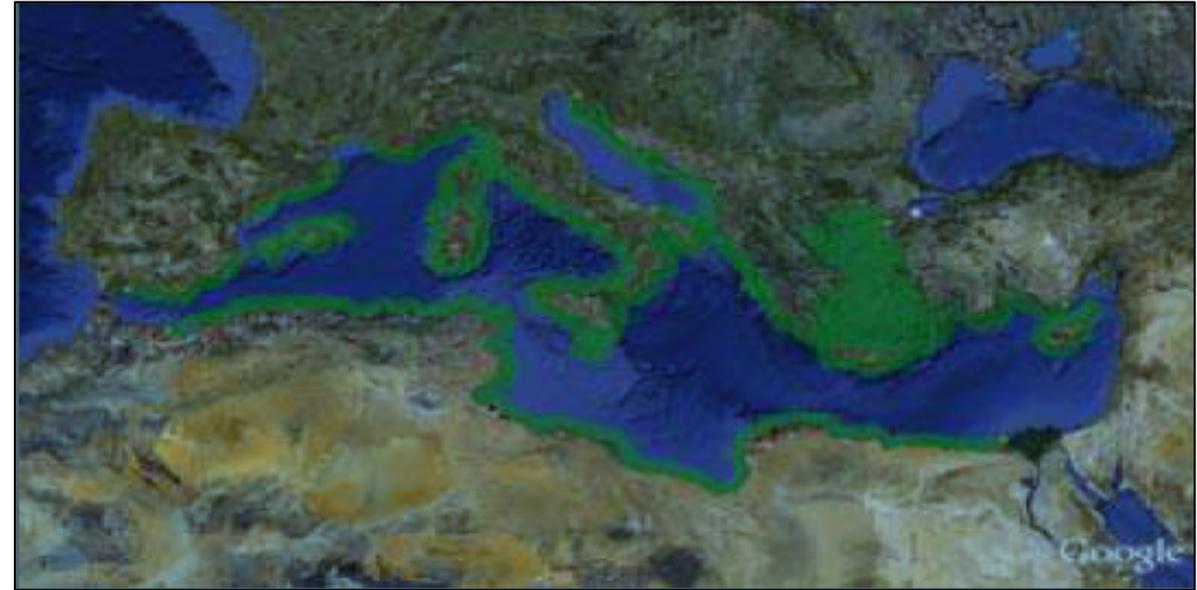
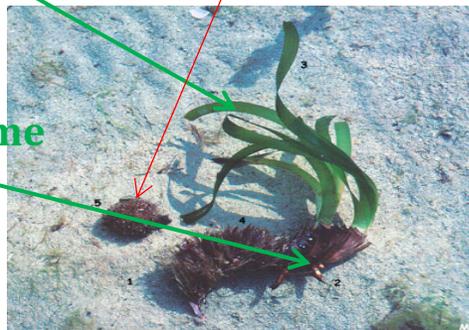
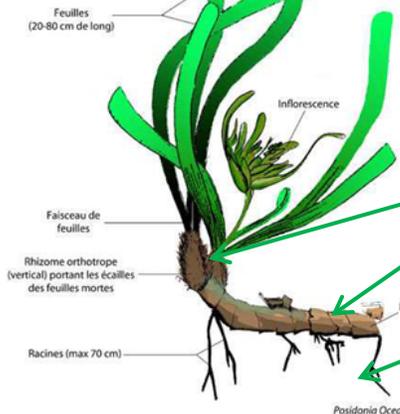
Côte méditerranéenne

Balle

Feuille

Rhizome

Racines

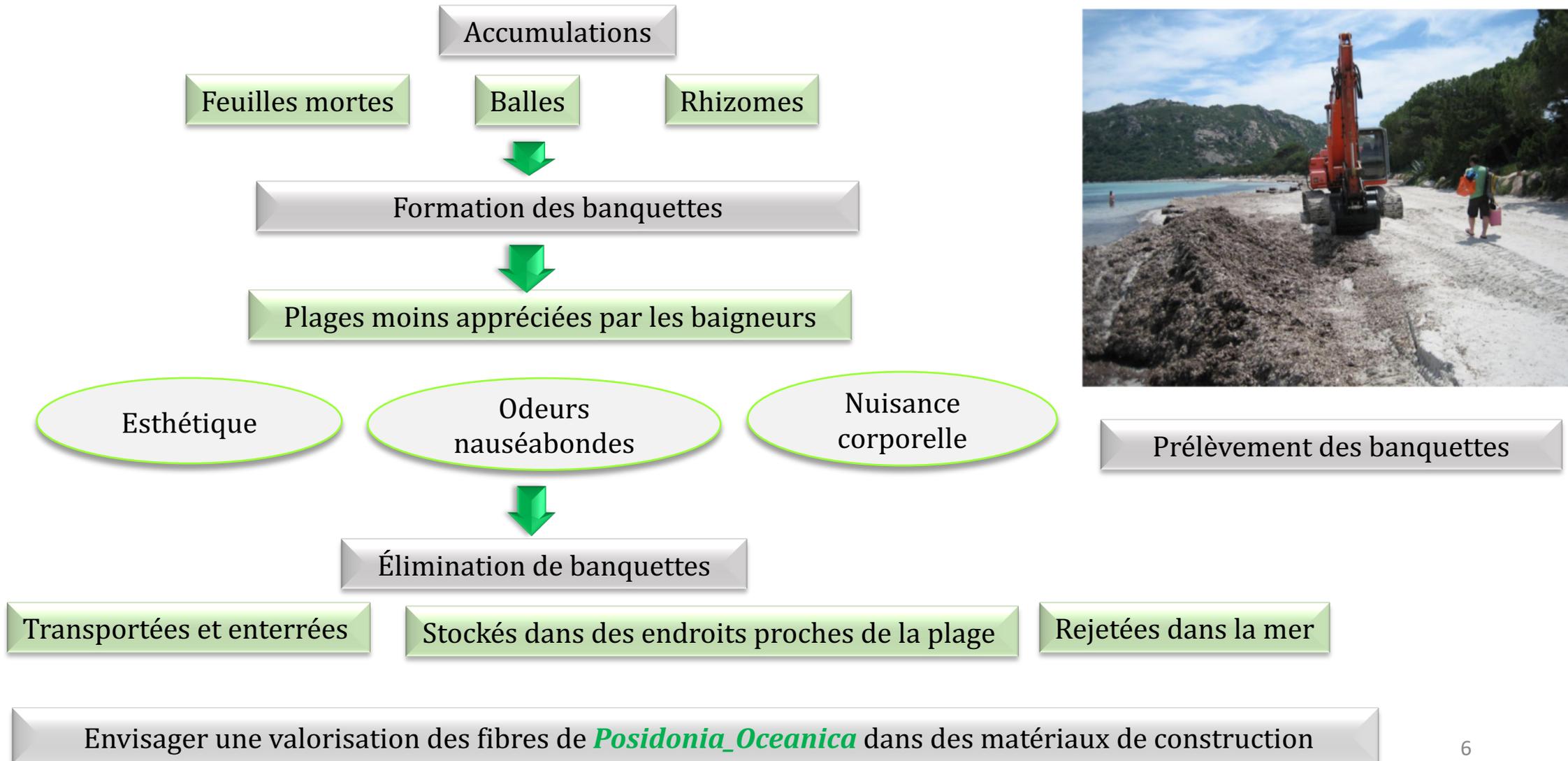


Répartition géographique de la plante de *Posidonia-Oceanica* sur la côte méditerranéenne

Surface: 30000 à 40000 km<sup>2</sup>

- Thermophysique
- Mécanique

## Accumulations des débris de *Posidonia-Oceanica*



Prélèvement des banquettes



- Thermophysique
- Mécanique

Sélection de la plante

Déchets

Pas trop étudiée  
dans la  
littérature

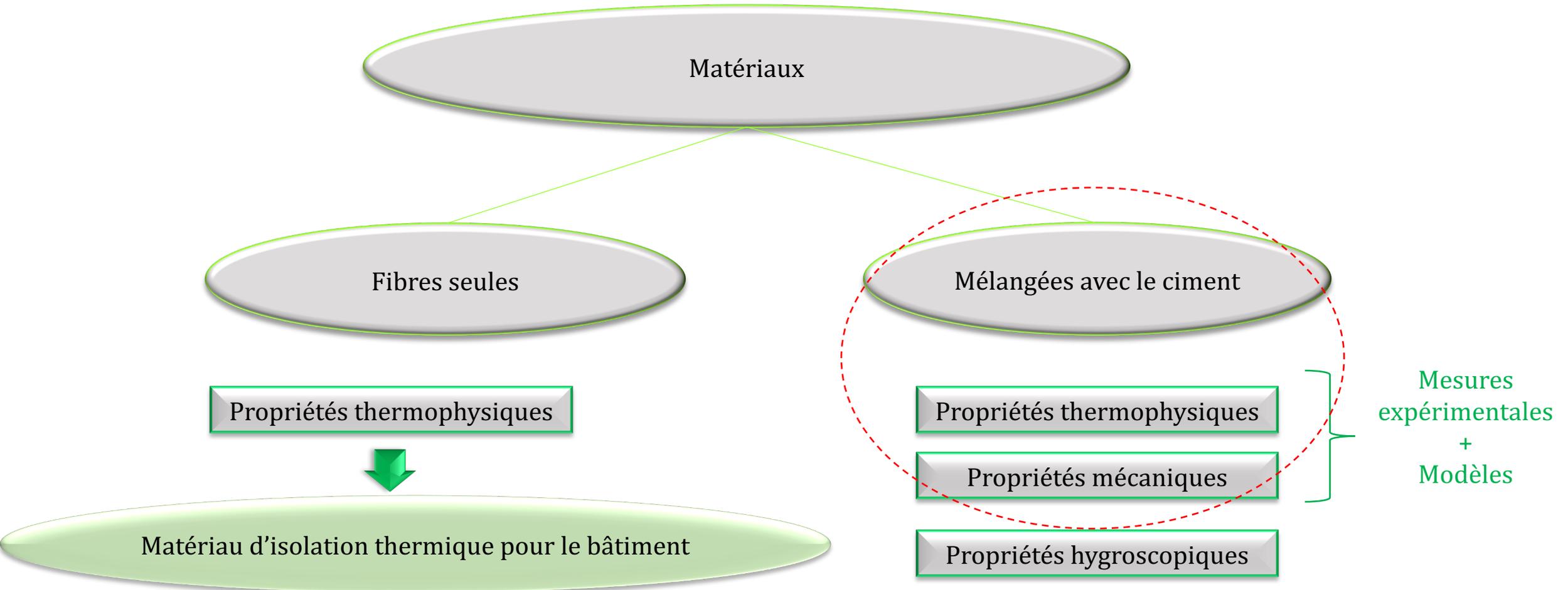
Problème de  
stockage

Locale

disponible



- Thermophysique
- Mécanique



Mesures  
expérimentales  
+  
Modèles

O. Hamdaoui, L. Ibos, A. Mazioud, M. Safi, O. Limam, « Thermophysical characterization of Posidonia Oceanica marine fibers intended to be used as an insulation material in Mediterranean buildings», Construction and building materials, 180, 68-76, 2018.

O. Hamdaoui, L. Ibos, A. Mazioud, M. Safi, O. Limam, « Utilisation de fibres naturelles d'origine marine Posidonia-Oceanica pour l'isolation thermique des batiments - Caractérisation thermique des fibres», CNRIUT, Aix en Provence, 2018.

- Thermophysique
- Mécanique

## Extraction des fibres brutes

Site: Monastir, Tunisie



Balles de *Posidonia-Oceanica*



Fibres de *Posidonia-Oceanica*

Fibres naturellement compactées



Matériau trop dense

- Thermophysique
- Mécanique

## Processus d'obtention des fibres brutes



On utilise des fibres brutes ou traitées ?



**Type de traitement chimique à la soude (NaOH)**

Améliorer les propriétés isolantes des fibres ?

Faciliter la mise en œuvre?

- Thermophysique
- Mécanique

## Préparation des échantillons de la pâte de ciment incluant fibres de *Posidonia-Oceanica*



Ciment Portland CEM I 42.5 R

Fibres préalablement séchées à l'étuve à 40°C pendant 24h

Fractions volumiques fibres: 0%, 5%, 10%, 15%, et 20%

Malaxage du ciment avec les fibres

Ajout de l'eau

Rapport eau-ciment E/C = 0.5

- Thermophysique
- Mécanique

## Préparation des échantillons de la pâte de ciment incluant fibres de *Posidonia-Oceanica*



Mesures thermiques et hygroscopiques : dimensions  $44 \times 44 \times 10 \text{ mm}^3$

Essais mécaniques de compression et de flexion : dimensions  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$

Mesures de ténacité : échantillons pré-fissurés : entailles de 8 mm à mi-travée

Démoulage 24h après le coulage

Échantillons conservés pendant 28 jours au laboratoire

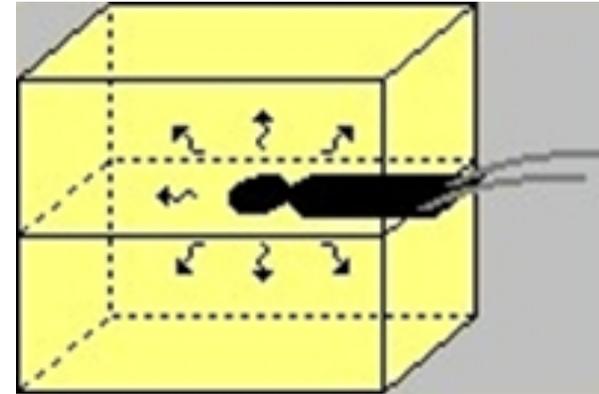
Vérification de température et d'humidité dans le local de stockage



- Thermophysique
- Mécanique

## Mesure de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique

Dispositif de mesure  
Hot-Disk (TPS2500)



Sonde à la fois  
émetteur de chaleur et  
sonde de température

Puissance



Envoie d'une puissance constante

Température



Mesure de la tension en même temps

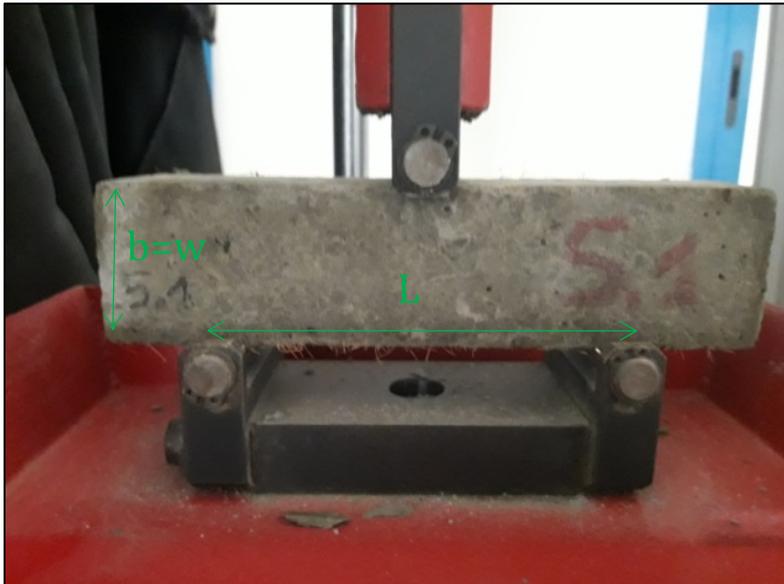
- Thermophysique
- Mécanique

## Mesure de la Résistance à la traction et de la résistance à la compression

Essai de flexion 3 points

Norme NF EN 196-1

Vitesse de  
chargement :  
50 N.s<sup>-1</sup>



Essai de compression

Vitesse de  
chargement :  
2400 N.s<sup>-1</sup>



Comportement élastique linéaire

$$\sigma_{traction} = \frac{1.5 \times F_f \times L}{bw^2}$$

$$\sigma_{compression} = \frac{F_c}{b^2}$$

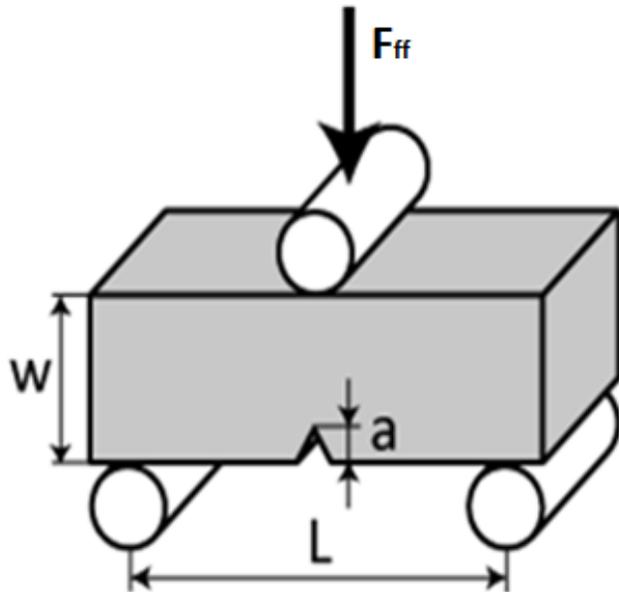
- Thermophysique
- Mécanique

## Mesure de la ténacité

Norme ISO 12135 (2016)

Mécanique linéaire de la rupture

Facteur d'intensité de contraintes critique



$$K_{IC} = \frac{LF_{ff}}{bw^{3/2}} f(\beta)$$

Avec:

$$\beta = \frac{a}{w}$$

Et:

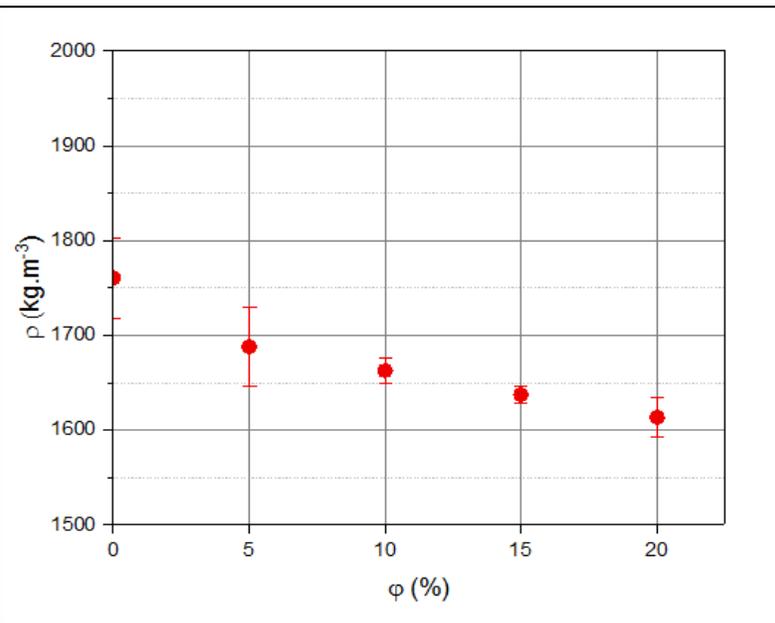
$$f(\beta) = \frac{3}{2} \sqrt{\beta} \frac{1.99 - \beta(1 - \beta)(2.15 - 3.93\beta + 2.7\beta^2)}{(1 + 2\beta)(1 - \beta)^{3/2}}$$

Éprouvette pré-fissurée sous essai de flexion 3 points

- Thermophysique
- Mécanique

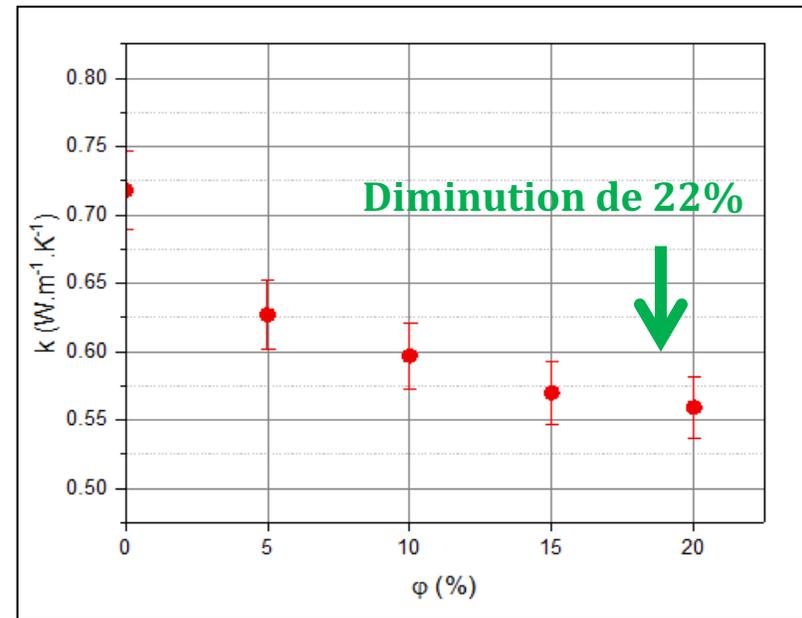
## Effet de la fraction volumique de fibres sur la masse volumique et la conductivité thermique des composites

Masse volumique en fonction de la fraction volumique des fibres



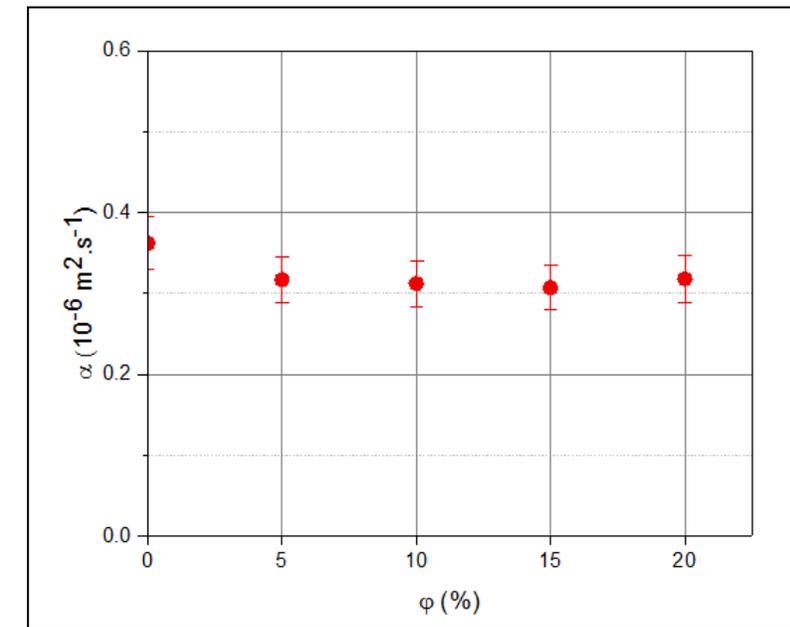
Matériau légèrement moins dense

Conductivité thermique en fonction de la fraction volumique des fibres



Diminution avec la quantité de fibres

Diffusivité thermique en fonction de la fraction volumique des fibres

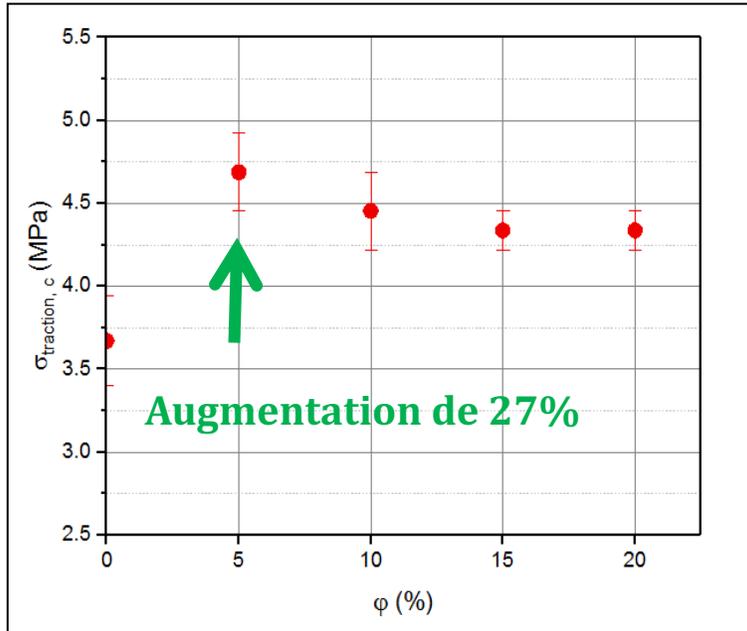


- Légère diminution avec l'incorporation de 5% de fibres  
- Pas de variation significative au delà de 5%

- Thermophysique
- Mécanique

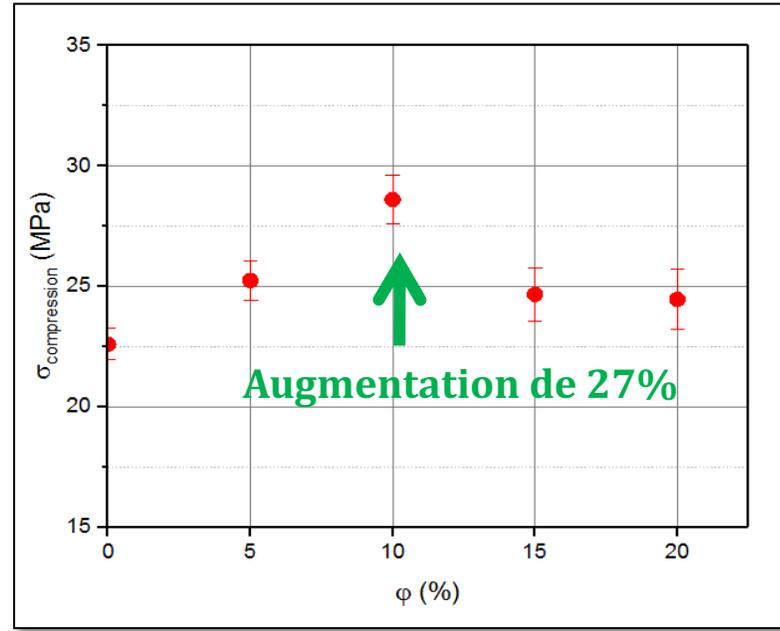
## Effet de la fraction volumique de fibres sur les propriétés mécaniques des composites durcis

Traction par flexion

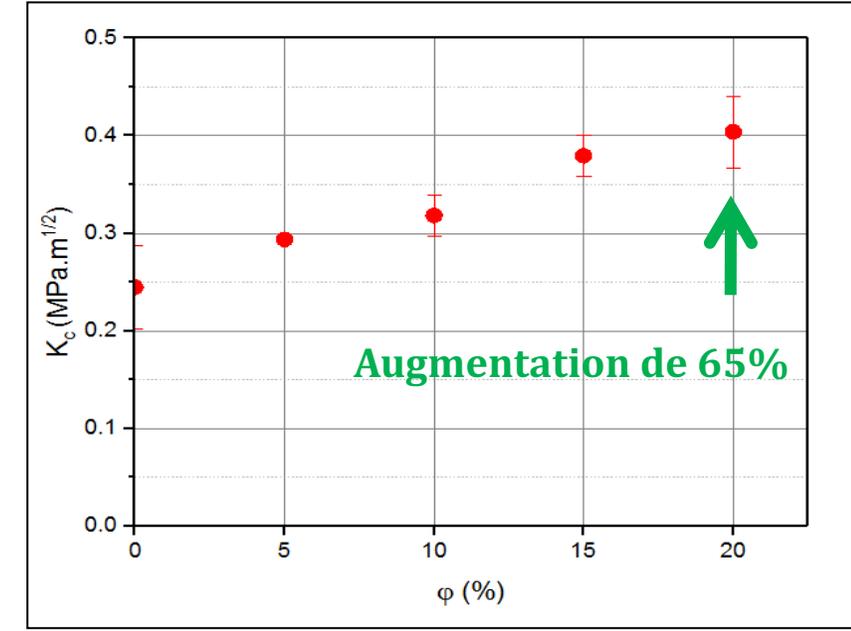


Augmentation jusqu'à un maximum, puis diminution

Compression



Ténacité



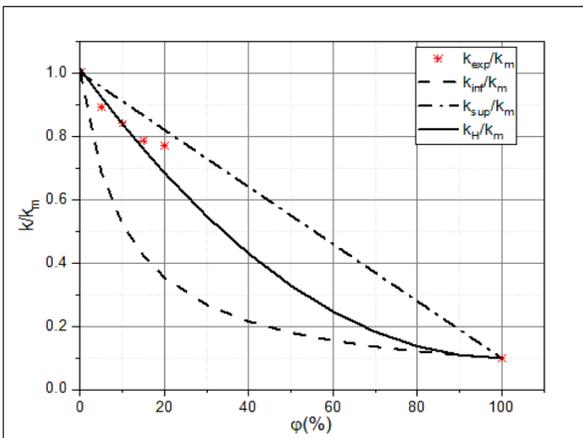
Augmentation linéaire et significative

Matériau plus résistant à la propagation des fissures

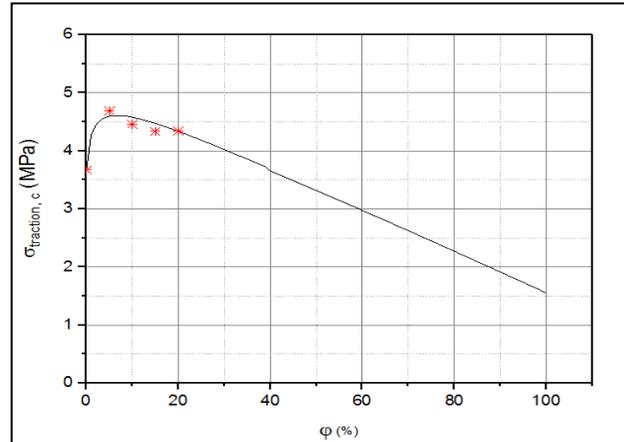
Matériau plus **ductile**

- Thermophysique
- Mécanique

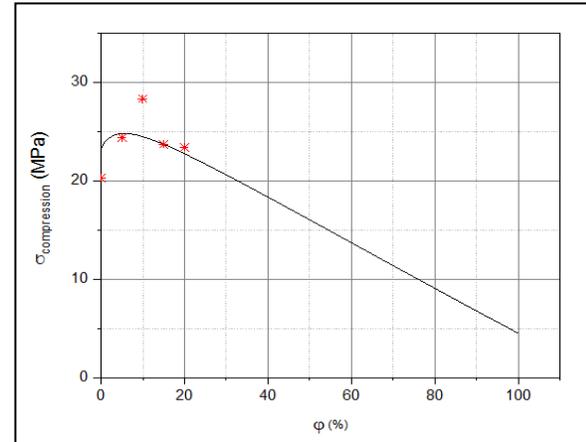
## Comparaison du modèle de prédiction de la conductivité thermiques et des propriétés mécaniques des composites avec les mesures expérimentales



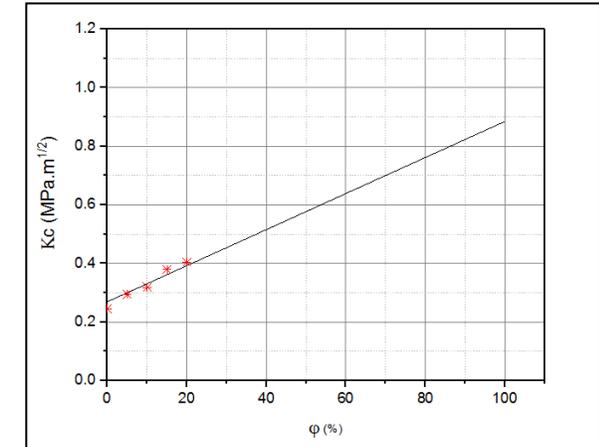
Résistance à la traction



Résistance à la traction



Résistance à la compression

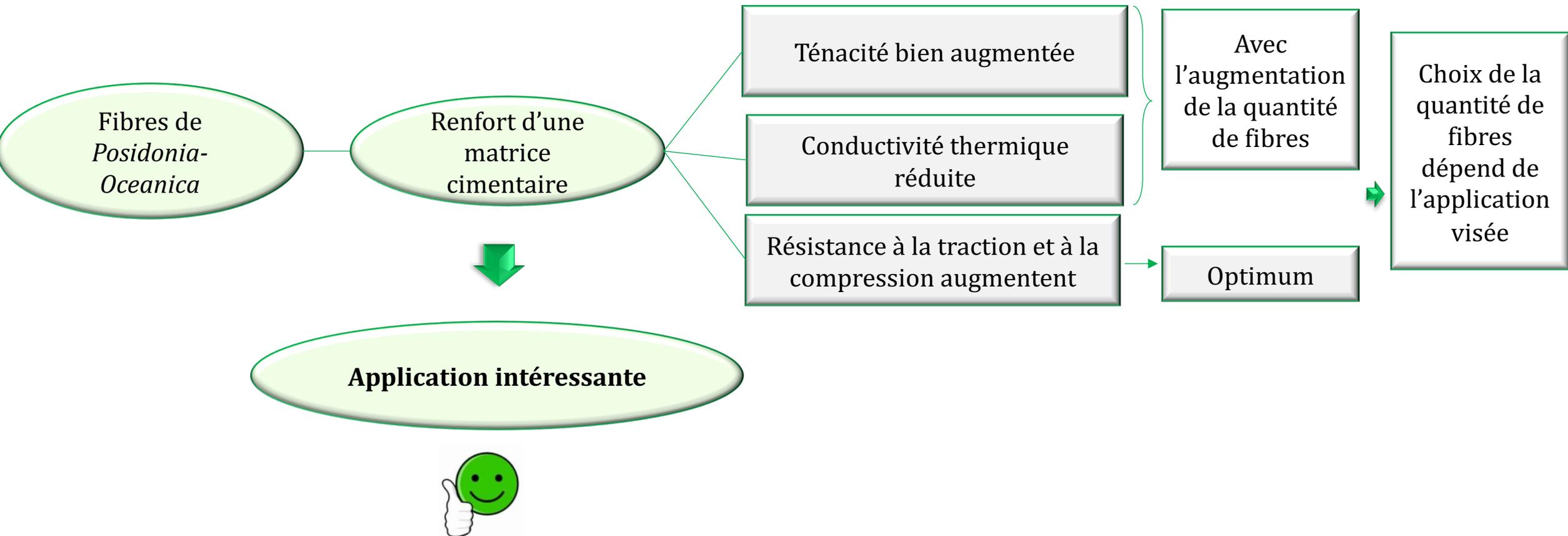


Ténacité

Modèles validés par les mesures expérimentales

- Thermophysique
- Mécanique

**Conclusions**



***Merci de votre attention***

# *Annexe*

# Traitement chimique des fibres

## Traitement à la soude

## Conditions de traitement

$T_1$

- Concentration : 2%
- Temps : 2h
- Température : 80°C

$T_2$

- Concentration : 0.75%
- Temps : 1h
- Température : 100°C

$T_3 = 2 T_1$

- Concentration : 2%
- Temps : 2 x 2h
- Température : 80°C



Fibres dans une solution de soude