

# JOURNÉE DE RESTITUTION DU PROJET LOCABATI

2 juin 2026, Champs-Sur-Marne



## Durabilité des matériaux isolants biosourcés à base de moelle de tournesol

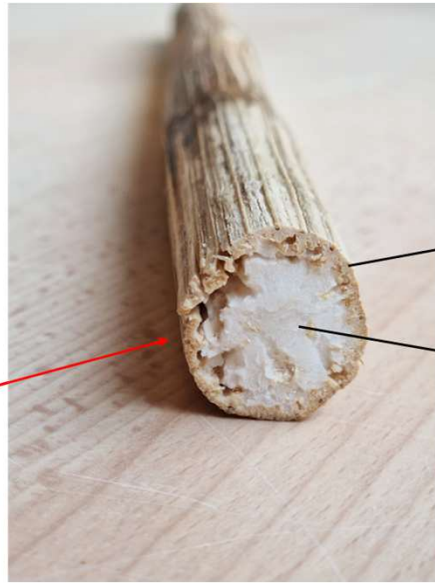
Myriam Goutière, Marine Foucher  
Thomas Verdier, Aurélie Laborel-Préneron,  
Camille Magniont, LMDC - UTTOP



# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol



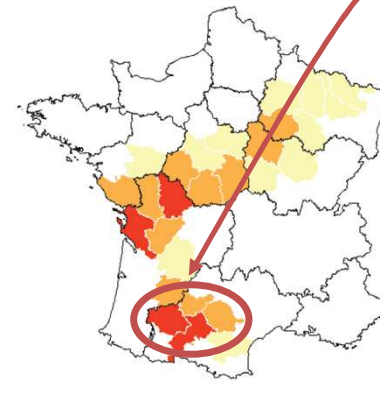
## ➤ Matière première



écorce

moelle

Ressource locale  
largement disponible



Production d'oléagineux

- moins de 25 kt
- de 25 à 50 kt
- de 50 à 100 kt
- de 100 à 200 kt
- plus de 200 kt



FranceAgriMer, 2023

860 kha de tournesol cultivé en France en 2022 (21 kha de chanvre)

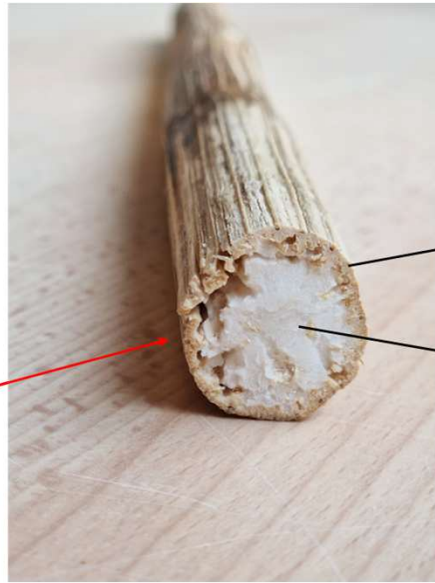




# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol

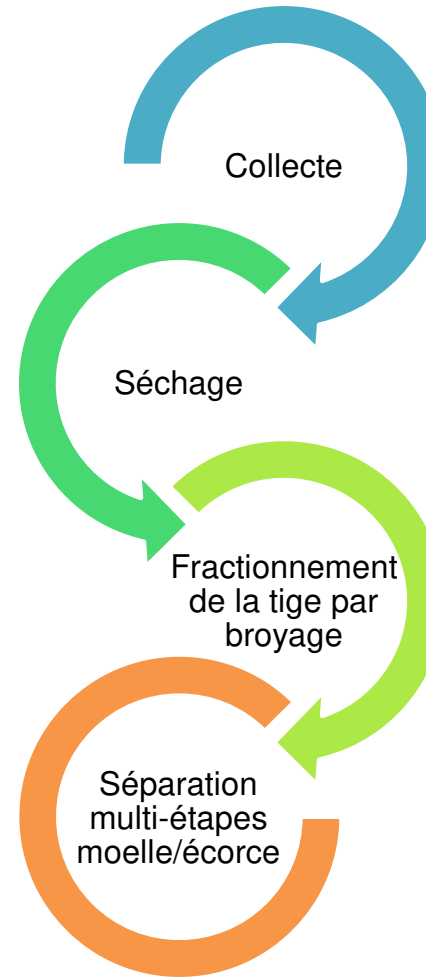


## ➤ Matière première



écorce

moelle



10 cm



Moelle de référence



Écorce

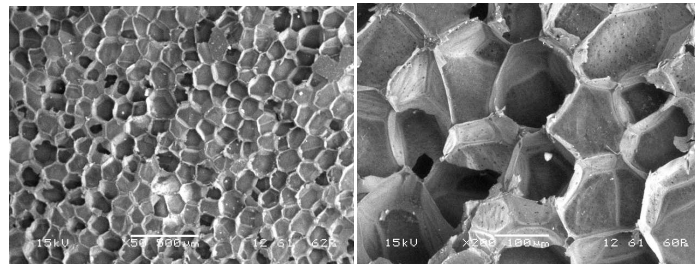




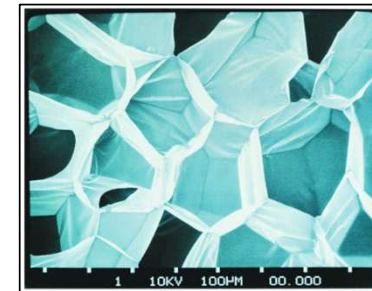
# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol



## ➤ Matière première



Structure poreuse alvéolaire



PSE

(Wyart, 2015)

Porosité très élevée ~ 97-99%

Excellentes propriétés d'isolation thermique

En vrac

**LOCABATI**

Panneaux

Insufflation

**TOTEM**

Conductivité thermique ( $\lambda$ ) faible

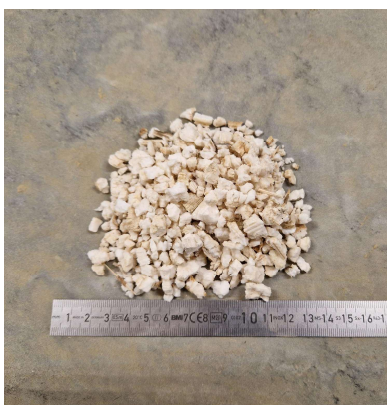
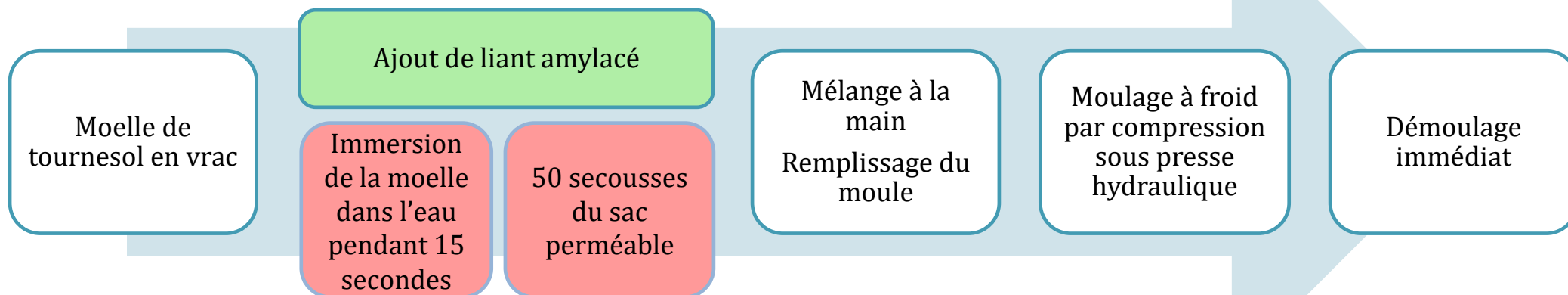


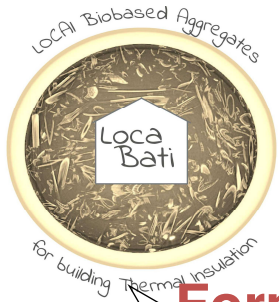


# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol



## Formulation et fabrication **Avec** et **sans** liant externe



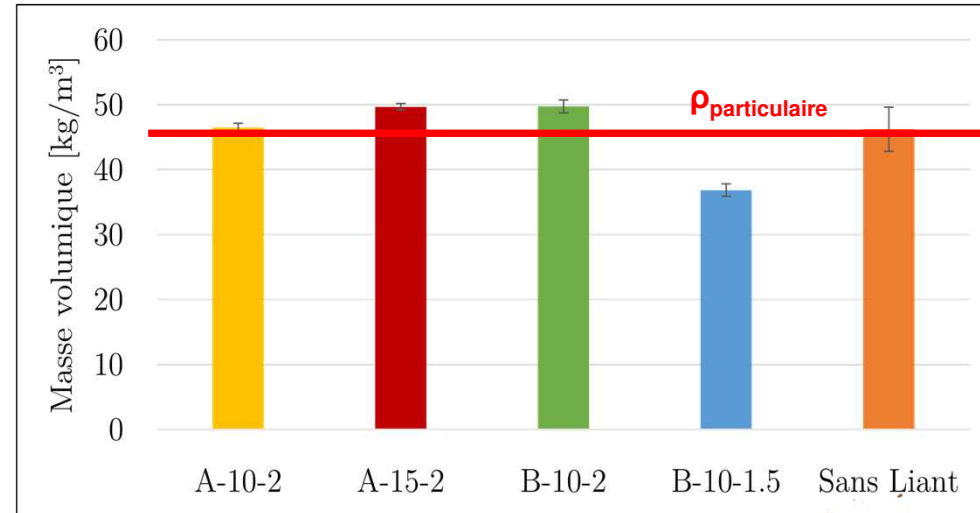


# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol



## Formulation et fabrication

| Formulation | Type de liant | Taux de dilution | Ratio massique Liant/Moelle | Taux de compactage | Dosage en liant [kg de liant/m <sup>3</sup> de composite] | Masse volumique sèche exp. [kg/m <sup>3</sup> ] |
|-------------|---------------|------------------|-----------------------------|--------------------|---|---|
| A-10-2      | A             | 7,5 %            | 10 %                        | 2                  | 4,0   | 44,6 ± 0,7                                      |
| A-15-2      |               |                  | 15 %                        | 2                  | 6,0   | 47,1 ± 0,5                                      |
| B-10-2      | B             |                  | 10 %                        | 2                  | 4,0   | 46,9 ± 1,0                                      |
| B-10-1,5    |               |                  | 10 %                        | 1,5                | 3,8   | 34,5 ± 0,9                                      |
| Sans Liant  | /             |                  | /                           | /                  | /   | /   |





## Synthèse

# Les isolants 100% biosourcés à base de moelle de tournesol



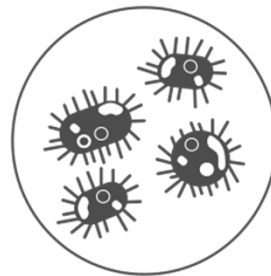
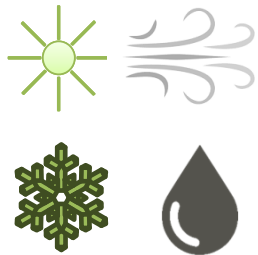
| Propriétés                                     | Objectifs                 | PS                   | FdB                   | Métisse              | Panneaux de moelle                          |
|--|---------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---|
| Masse volumique                                | -                         | 25 kg/m <sup>3</sup> | 190 kg/m <sup>3</sup> | 20 kg/m <sup>3</sup> | 35 à 48 kg/m <sup>3</sup>                   |
| Conductivité thermique                         | < 0,05 W/(m.K)            | 0,035 W/(m.K)        | 0,044 W/(m.K)         | 0,039 W/(m.K)        | ≈ 0,040 W/(m.K)<br>(sec, 10°C)              |
| Résistance en compression à 10% de déformation | -                         | 120 kPa              | 200 kPa               | -                    | Mesurée à 3,5% de déformation : 10 à 22 kPa |
| Résistance à la vapeur d'eau μ                 | Perméabilité élevée       | 30 à 70              | 3                     | 1,47                 | 2 à 3                                       |
| Déformation poids propre                       | -                         | Rigide               | Rigide                | Semi-rigide          | Rigide                                      |
| Variations dimensionnelles                     | < 3% selon les conditions | DS(23,90)1           | DS(23,90)2            | -                    | DS(23,90)2                                  |



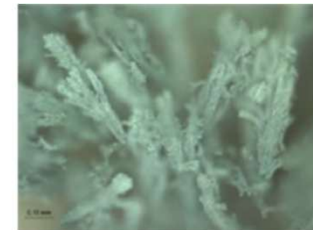
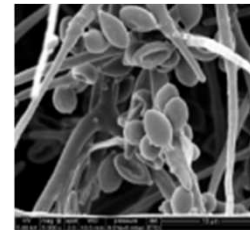
## Durabilité : stratégie d'étude et objectifs

- Compréhension des mécanismes de vieillissement et dégradation
- Développement et validation de protocoles de vieillissement accéléré
- Prédiction de l'évolution des performances d'usage dans le temps
- *Solutions préventives ou curatives à faible impact environnemental et sanitaire*

**Maintien des propriétés  
d'usage sous sollicitations  
climatiques**

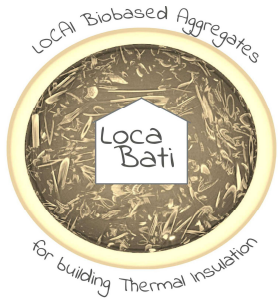


**Prolifération microbienne**



[Laborel, 2018]





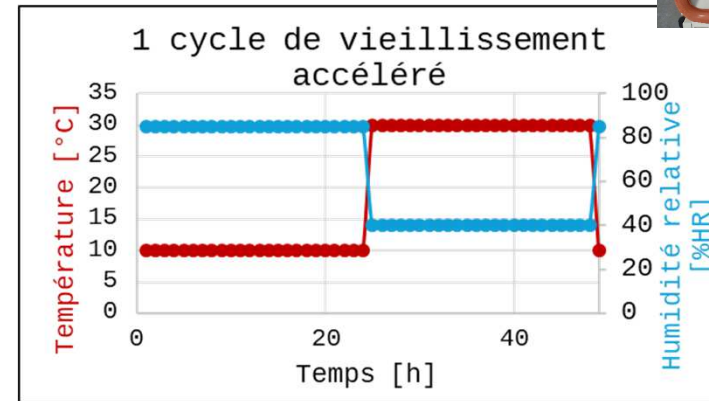
# Protocoles de vieillissement climatique



## Vieillissement de référence



## Vieillissement climatique



## Vieillissement accéléré



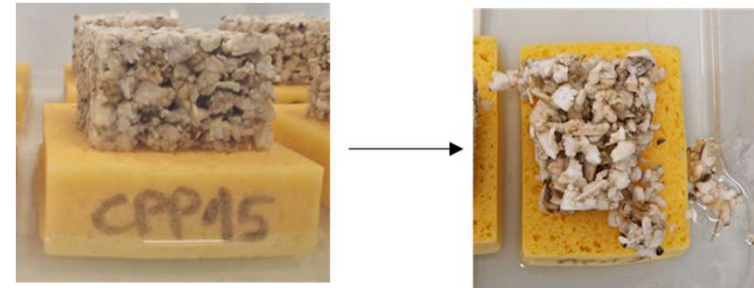
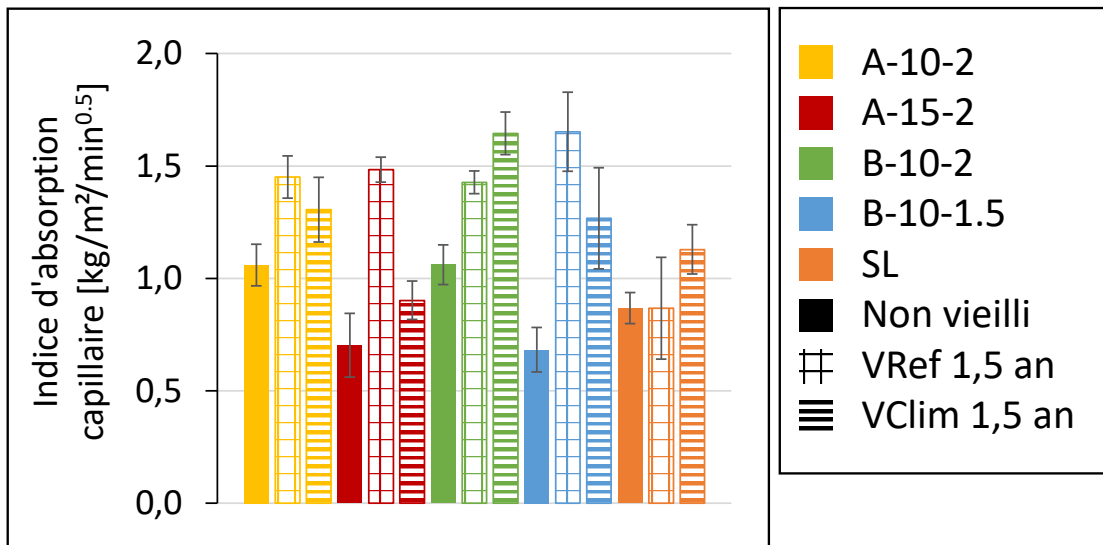




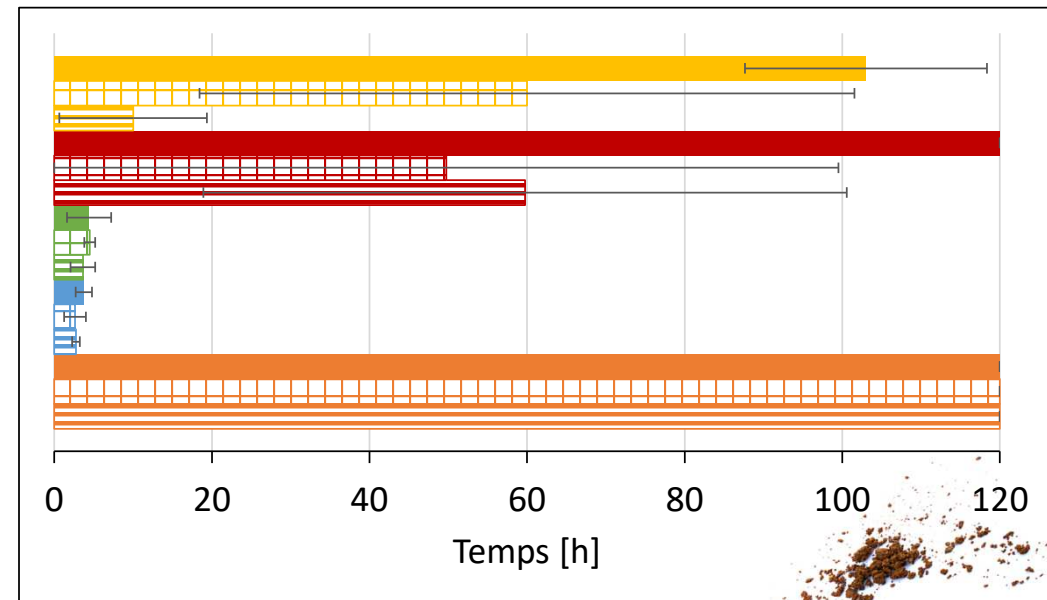
# Evaluation des propriétés



## Absorption capillaire



Temps avant perte de cohésion



Augmentation de l'indice d'absorption d'eau par capillarité après vieillissement

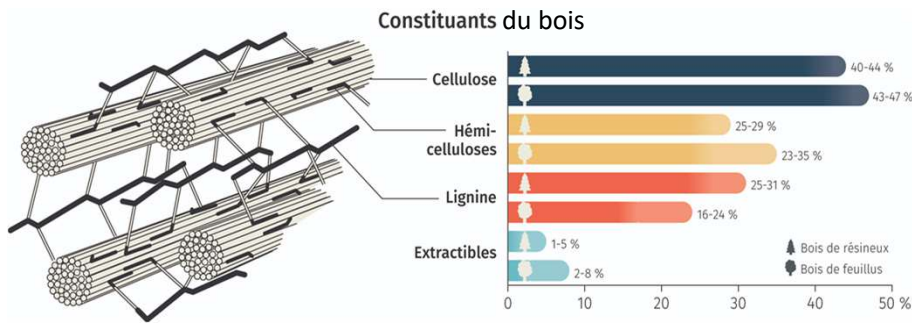
Perte de cohésion plus rapide après vieillissement pour les panneaux avec liant  
**MAIS SL : éprouvettes encore intactes à la fin de l'essai**



# Prolifération microbienne



## Matériaux cellulosiques

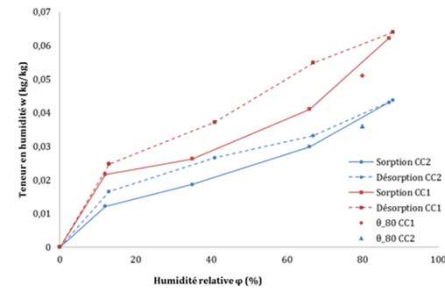


Nombre de Micro-organismes capable de dégrader ces éléments :

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| +++++ | Amidon, hémicellulose, pectine |
| +++   | Cellulose                      |
| +     | Lignine                        |

[Flannigan, 2011]

## Matériaux hygroscopiques



[Claude, 2018]

**Vulnérabilité au développement fongique ?**

Encore peu d'études sur les biosourcés





# Prolifération microbienne



## Evaluation de la résistance ou du comportement des matériaux bio-géo-sourcés face au développement microbien

Le Bayon et al. (2015)  
Lamoulié (2016)  
CSTB (2021) : protocole pour ATEc  
NF EN 15101-1+A1 (2019, Annexe F)



**Ambiance contrôlée**  
(°C/%HR)

- Contrôlée
- Naturelle

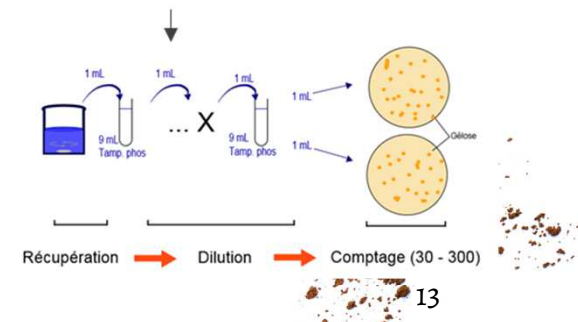
**Ambiance contrôlée**  
(°C/%HR)

- Qualitative (identification)
- Quantitative

- cotation visuelle,
- dénombrement UCF



| Echelle | Intensité de la croissance                        |
|---------|---|
| 0       | Aucune moisissure visible (x50)                   |
| 1       | A peine visible à l'œil nu mais visible au x50    |
| 2       | Clairement visible à l'œil nu (< matériau témoin) |
| 3       | Clairement visible à l'œil nu (≥ matériau témoin) |



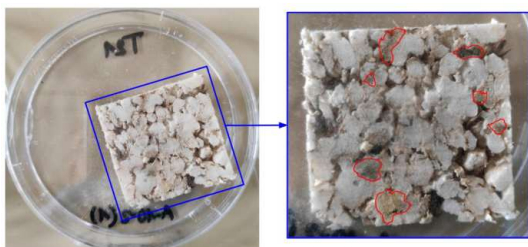


# Prolifération microbienne



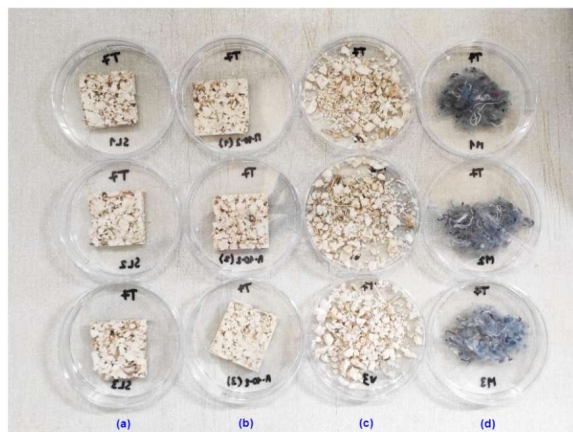
## Projets EVAMIBA / QUAPBIO

Essai sur isolants bio-sourcés à base de **moelle de tournesol**



### Inspection visuelle :

- Apparition des premiers signes de moisissures visibles après 10-12 jours d'incubation à 93 %
- Parfois difficile sur certains matériaux
- Opérateur-riche dépendant



### Sans huile de lin :

| T (jours) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
|-----------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Vrac      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| SL        |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A-10-2    |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Métisse   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Apparition de moisissure visible

### Avec huile de lin :

| T (jours) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
|-----------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Vrac      |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| SL        |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A-10-2    |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |





# Prolifération microbienne

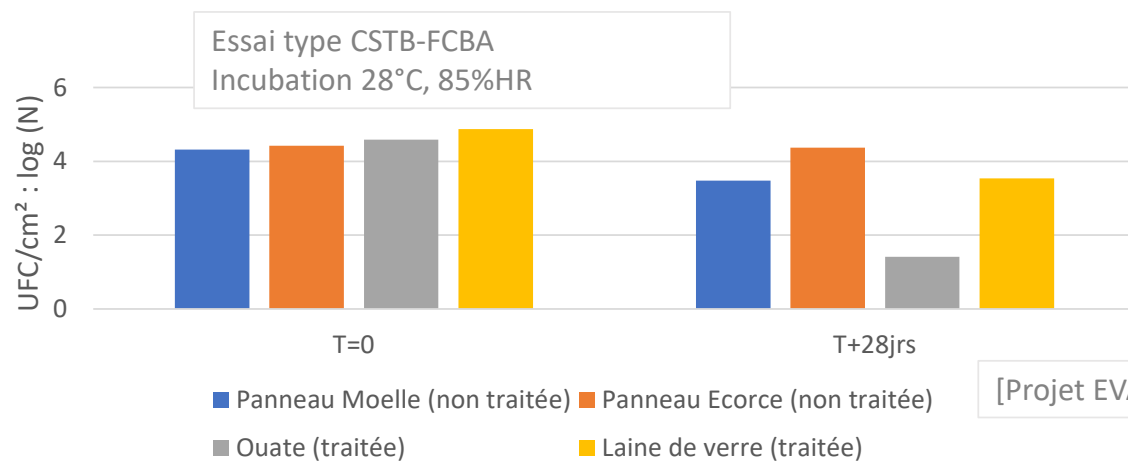
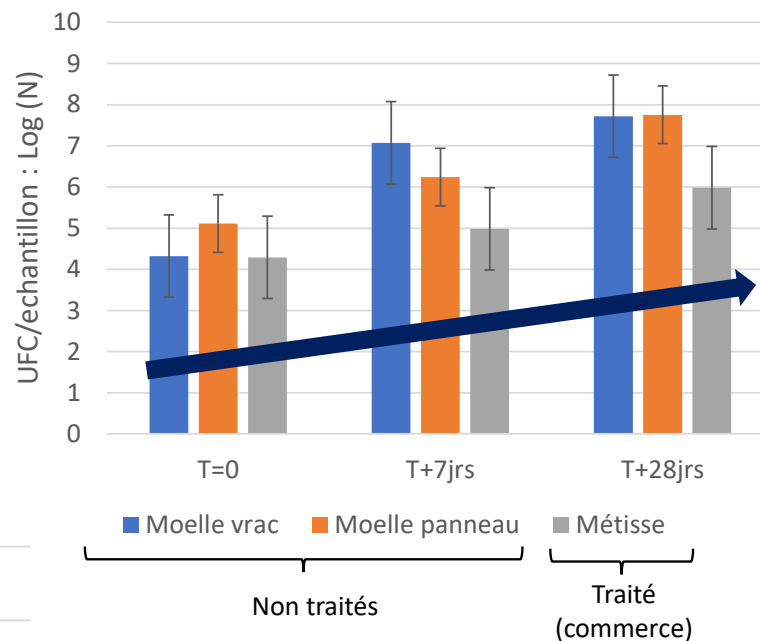


## Projets EVAMIBA / QUAPBIO

Essai sur isolants bio-sourcés à base de **moelle de tournesol**

### Quantification (dénombrement UFC)

- Plus précis
- Fait apparaître des phénomènes invisibles par seul critère visuel
- Pas d'effet biocide mais pas de croissance sur matériaux biosourcés non traités



[Projet EVAMIBA, 2019]



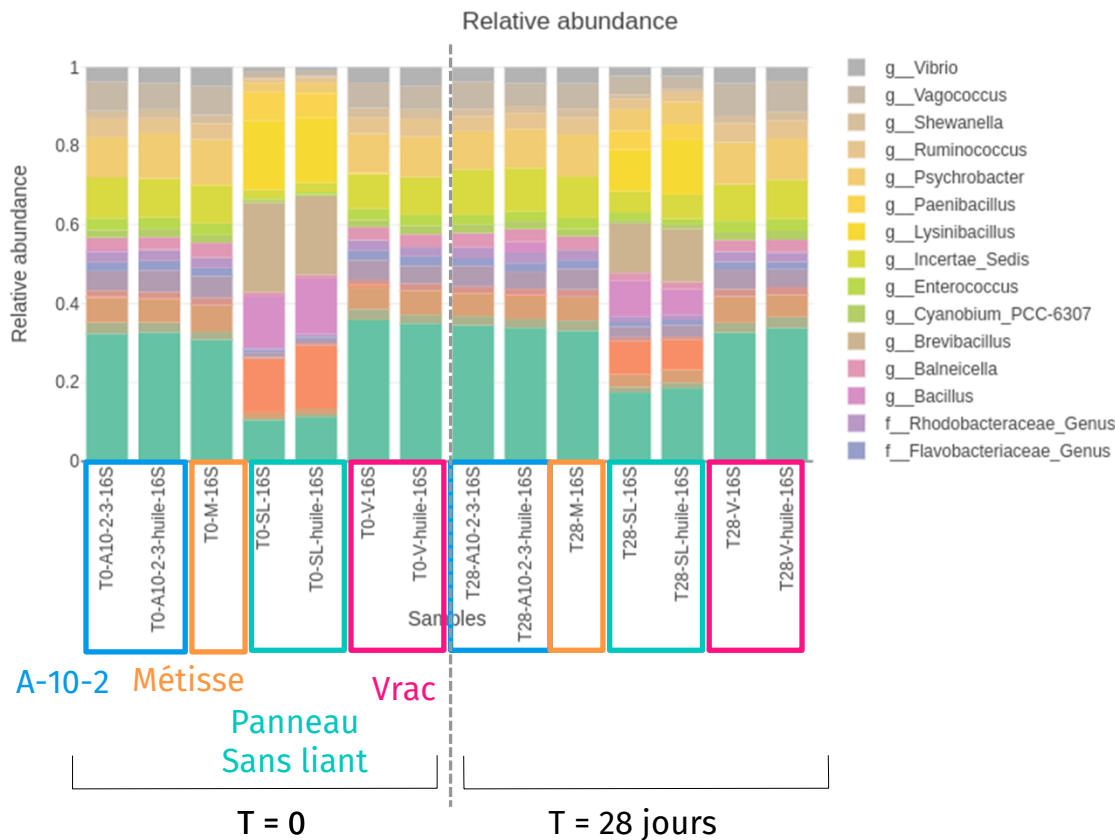


# Prolifération microbienne



Qualification par **séquençage moléculaire** collaboration Toulouse Biotechnology Institute (TBI)

Bactéries (amorces 16S) – abondance relative



Paramètres qui ne semblent pas avoir d'influence signification sur la diversité microbienne :

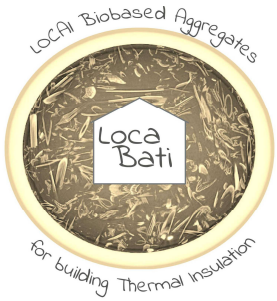
- **Temps d'incubation**

- **Matériaux** : vrac/panneau avec liant / métisse

Diversité bactérienne différente pour les **panneaux sans liant**

=> Genres bactériens retrouvés dans la **dégradation des plantes + rouissage** du chanvre [Ribeiro et al., 2015]

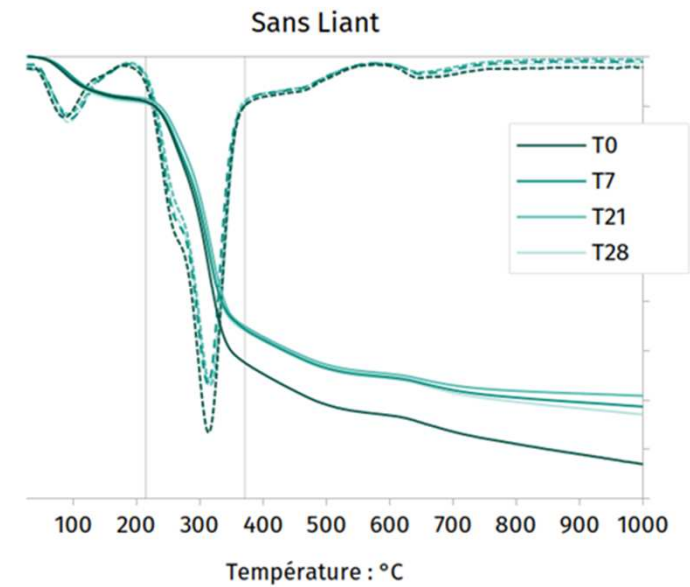
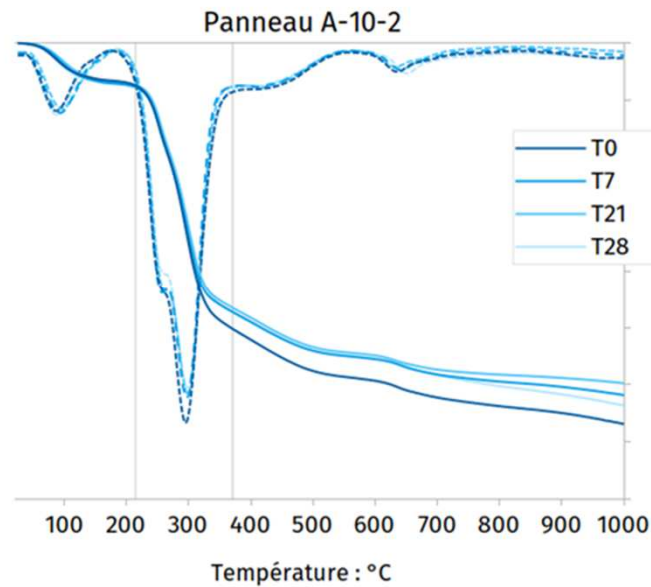
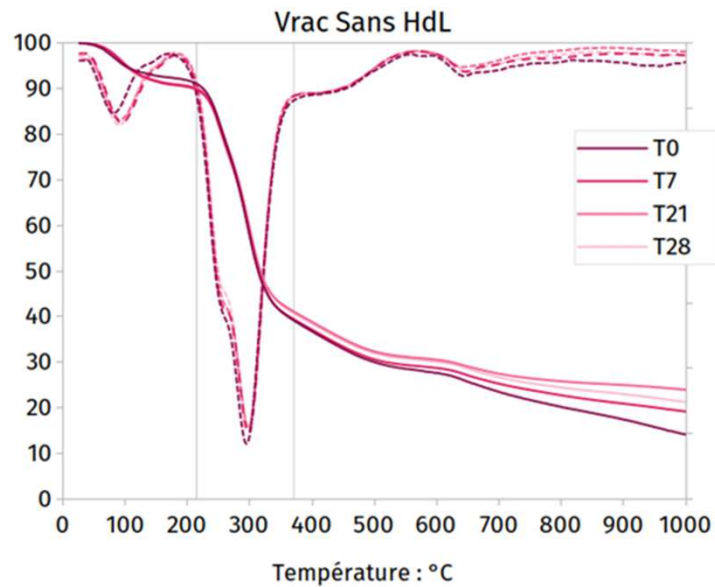




# Prolifération microbienne



Suivi de la composition chimique / ATG, DRX, IR



Diminution significative de la perte de masse au niveau du pic cellulose (DTG) à 300°C  
→ **consommation par les microorganismes ?**





## Conclusions



- 3 types de vieillissement  $V_{ref}$ ,  $V_{clim}$ ,  $V_{acc}$
- Composition chimique identique avant/après vieillissement
- Maintien des propriétés après vieillissement
  - De la masse volumique
  - Des propriétés thermo-hygro-mécaniques
- Dégradation de la tenue à l'eau des panneaux à base de liant amylicé





## Conclusions



- Mise en place d'un essai de « durabilité » microbienne avec suivi physico-chimique
- Suivi visuel insuffisant => au moins de l'observation au microscope.
- Séquençage moléculaire donne une bonne idée de la diversité
- Suivi ATG permettrait d'observer une évolution semi-quantitative de la consommation de cellulose (?)
- Niveau de croissance fongique → comparable sur matériaux commercial (métisse) et sur moelle de tournesol
- Effet de l'Huile de lin :
  - Pas d'effet sur la diversité microbienne
  - Possible effet sur la prolifération (à confirmer, lien avec teneur en eau ?)
  - Pas d'effet marqué sur les propriétés thermiques mais effet significatif sur la sorption

