

LIANT COMPLEXE ALTERNATIF

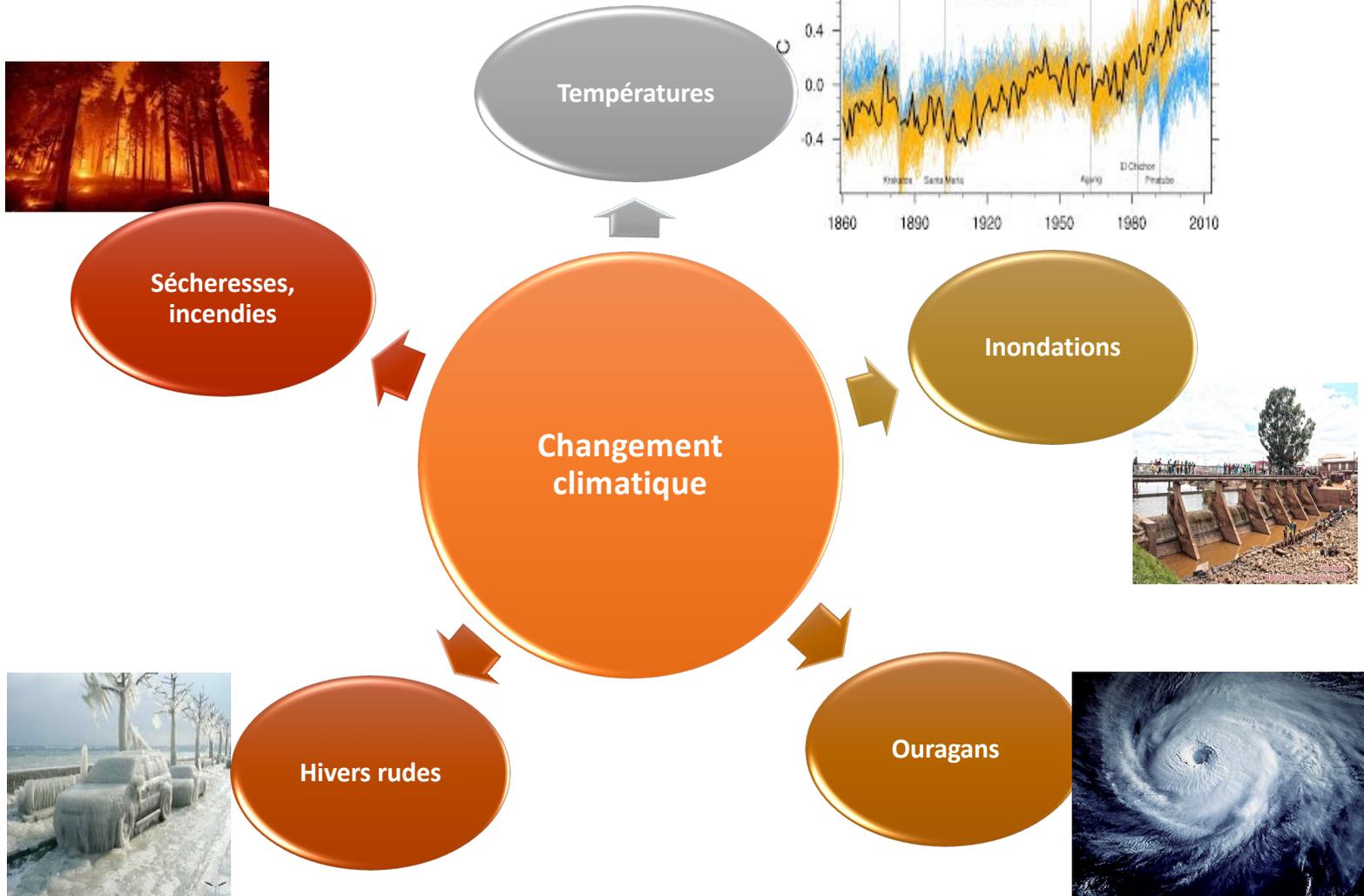
Influence de la composition chimique du liant sur les comportements thermiques et mécaniques de matériaux composites renforcés par des fibres de bagasse

M-A. ARSENE, K. BILBA BOURGUIGNON, C. ONESIPPE POTIRON

SOMMAIRE

- 1. Introduction (contexte, objectifs...)**
- 2. Méthodologie (matières premières, liant alternatif, composite, caractérisation)**
- 3. Liant complexe alternatif (comportements thermique, en flexion et corrosion)**
- 4. Matériau composite bagasse/liant complexe alternatif (comportements thermique et en flexion)**
- 5. Conclusions/Perspectives**

1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude

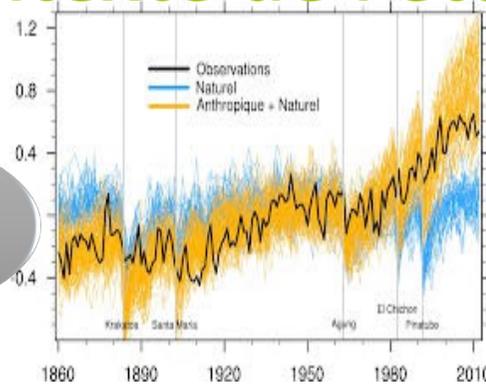


1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



Sécheresses,
incendies

Températures



Inondations



Changement
climatique



Emissions
de gaz à
effet de
serre:
CO₂, CH₄,
N₂O, CFC,
PFC, SF₆



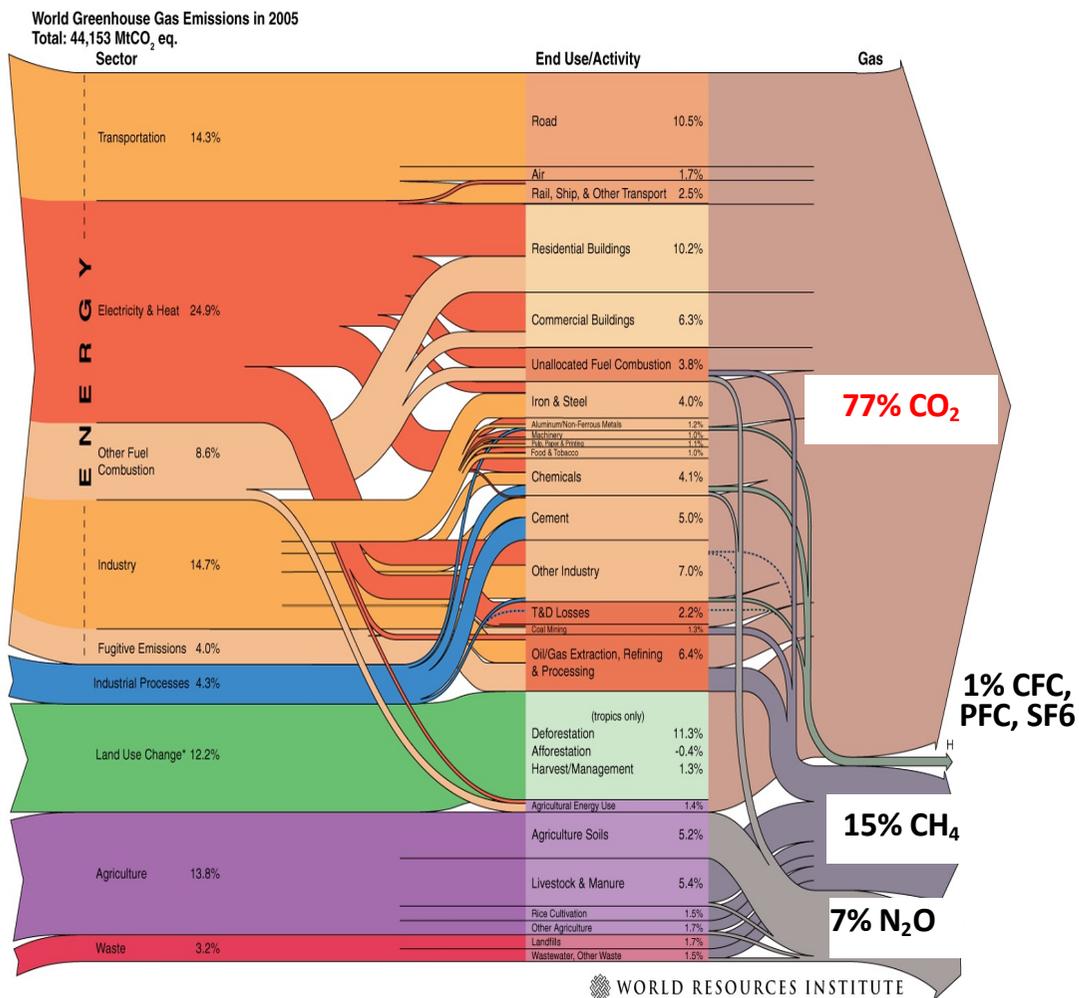
Hivers
rudes

Ouragans

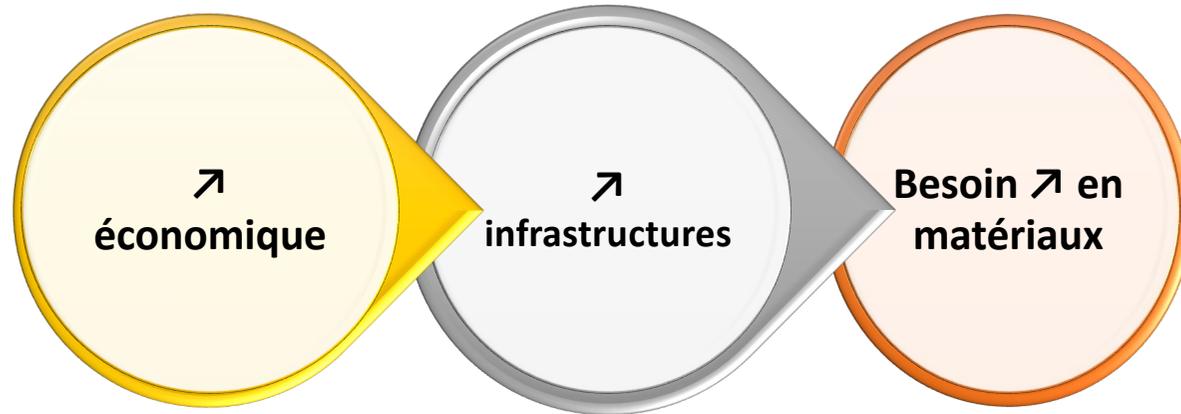


1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude

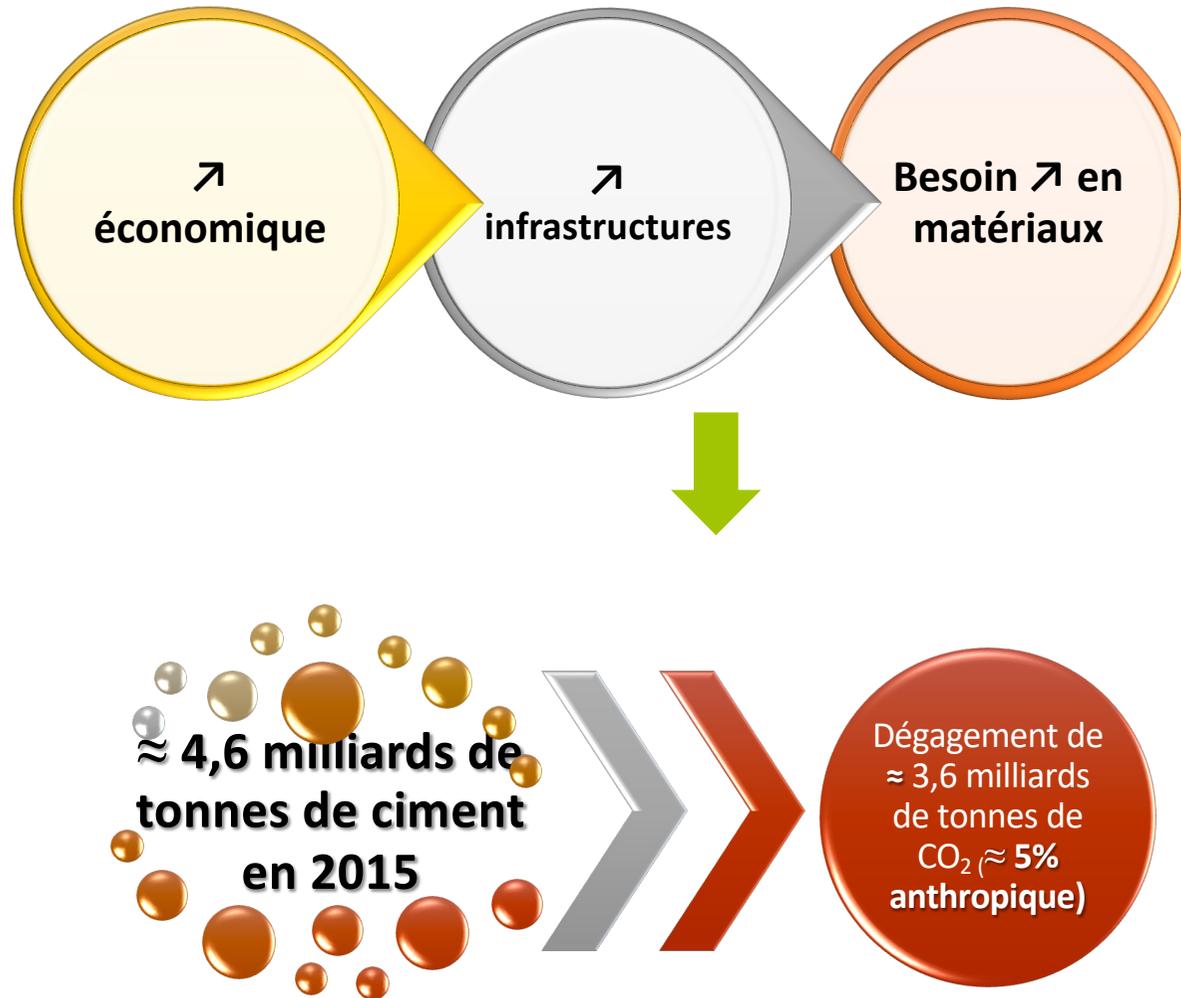
Emissions de gaz à effet de serre:
 CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC, PFC, SF_6



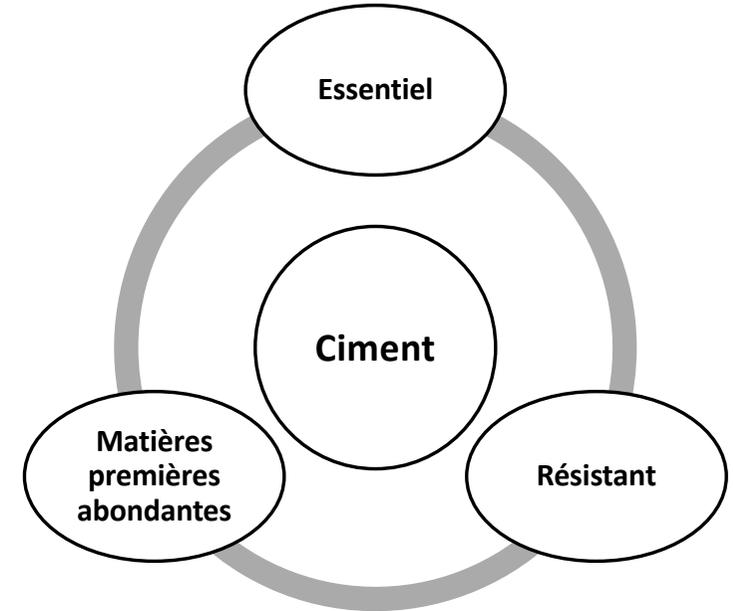
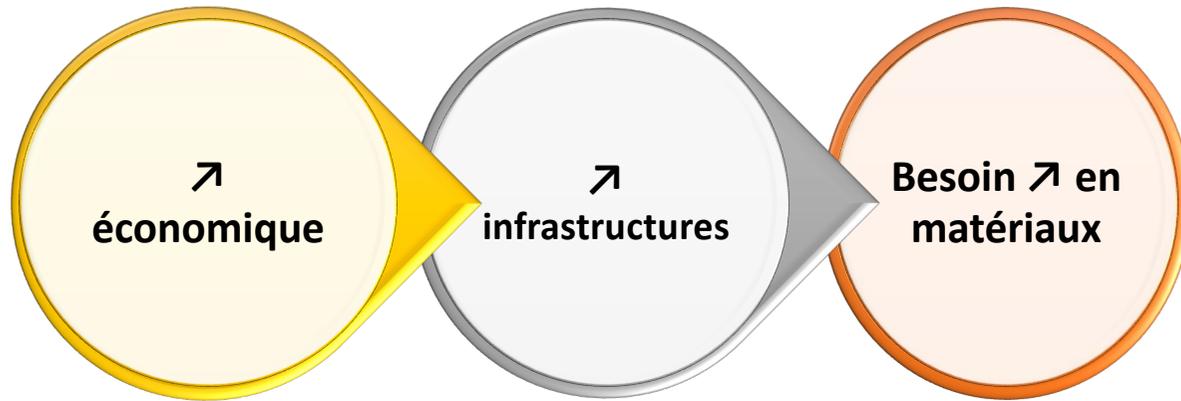
1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



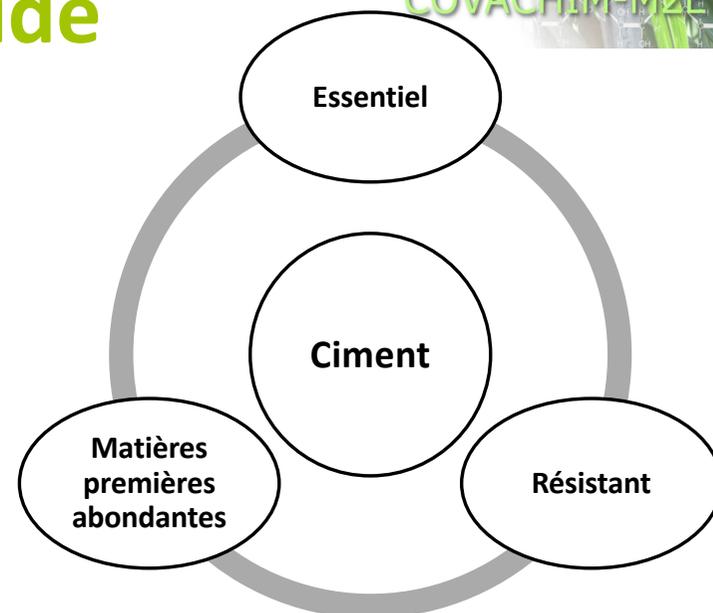
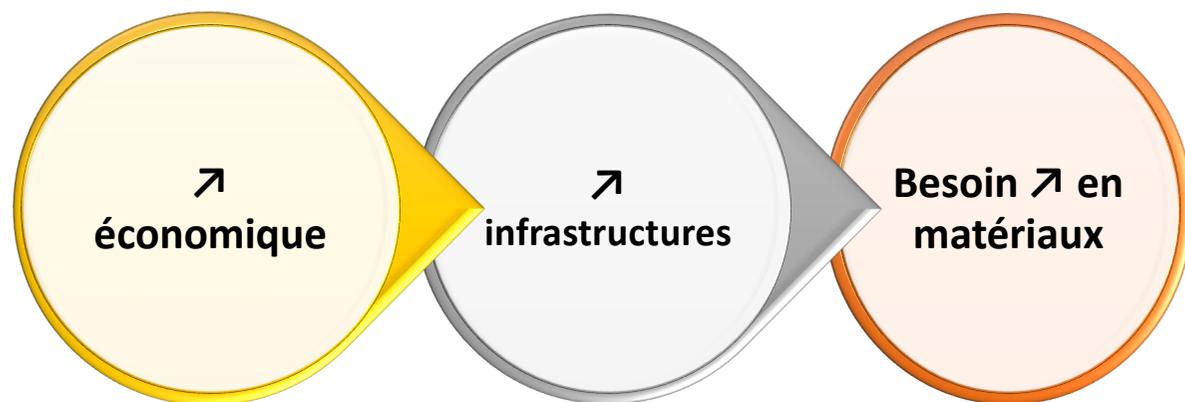
1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



Industrie cimentière → $\approx 4,6$ Mds de tonnes d'émission de CO_2
 $\approx 5\%$ d'émission de CO_2 (2015)



PRODUIRE + DE MATÉRIAUX « CIMENTAIRES » TOUT EN RÉDUISANT LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude



DEVELOPPEMENT DURABLE

↘ émissions de CO₂ liées à la production du ciment

- Substitution partielle du ciment par des additions minérales
- Liant alternatif sans ciment Portland (ex : chaux hydratée)

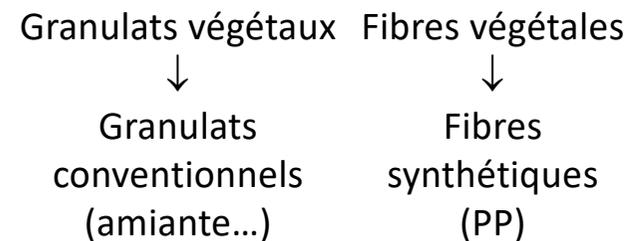
1. INTRODUCTION – Contexte de l'étude

DEVELOPPEMENT DURABLE

↘ émissions de CO₂ liées à la production du ciment

- Substitution partielle du ciment par des additions minérales
- Liant alternatif sans ciment Portland (ex : chaux hydratée)

Utilisation de matériaux végétaux (fibres, granulats) ↗



Ressources renouvelables, ↘ impact environnemental (construction)

Valorisation et amélioration des propriétés des matériaux (confort hydrique, thermique)

1. INTRODUCTION – Présentation du jour...



... Vers un confort thermique dans les habitations

Réglementation thermique française en cours lors de l'étude



Auto-suffisance énergétique (2050) et utilisation/consommation de 50% d'énergie renouvelable (2020)

1. INTRODUCTION – Présentation du jour...



... Vers un confort thermique dans les habitations

Réglementation thermique française en cours lors de l'étude



Auto-suffisance énergétique (2050) et utilisation/consommation de 50% d'énergie renouvelable (2020)

Modification de la matrice/liant pour \searrow émissions de CO₂ + valoriser les ressources renouvelables + améliorer la durabilité des fibres végétales (matrice alcaline) (Axe 1- Liant complexe alternatif)



Introduction de fibres végétales comme isolants thermiques et renforts dans la matrice/liant cimentaire (Axe 2- Composites)



Amélioration des performances énergétiques des bâtiments + réduction de l'utilisation de la climatisation



2. METHODOLOGIE – Matières premières

Ciment:

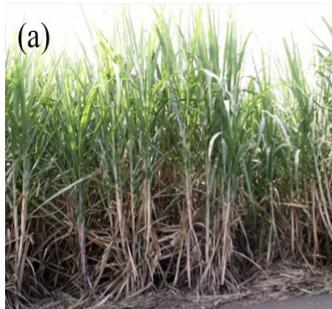
CEM I 52,5 N ($d_{50}=15,70\mu\text{m}$)

CEM II 32,5N (CLA) = contrôle

Pouzzolanes naturelles (NP):



Bagasse:



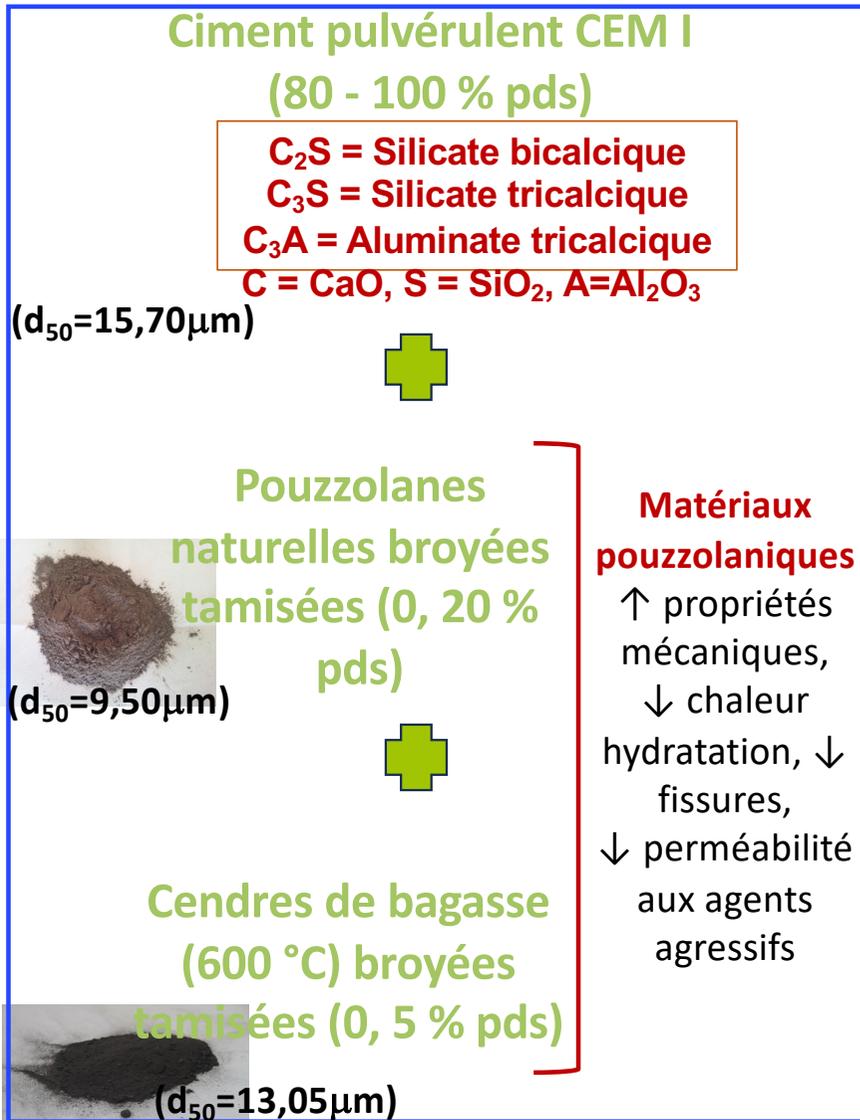
Matériaux

→ Synthétique

→ Naturel,
géosourcé

→ Naturel,
biosourcé

2. METHODOLOGIE – Axe 1 : Liant complexe alternatif



Eau



Pâte (ou
mortier/sable)
de liant
complexe
alternatif



2. METHODOLOGIE – Axe 2 : Composites bagasse/liant complexe alternatif

Mélange
pulvérulent
sec
(ciment+PN
+cendres)



Fibres de
bagasse
Disponibles, faible coût de
production, légères



Eau



Pâte (ou
mortier/sable)
de composite
bagasse/liant
alternatif

brutes + **pyrolysées**
(200°C, 2h, N₂)
(0,4-1mm)

Hydrophiles,
minéralisation pH alcalin



2. METHODOLOGIE – Caractérisation

Matières premières

- DRX, compositions chimiques, tailles de particules, surfaces spécifiques, masses volumiques réelles
- Activité pouzzolanique (Test Chapelle, indice d'activité pouzzolanique)
- Propriétés physico-chimiques des fibres (IRTF, ATG, absorption d'eau)

Liants complexes alternatifs

- Propriétés thermiques
- Résistance mécanique
- Durabilité (absorption capillaire, potentiel de corrosion)

Composites fibres de bagasse/liant alternatif

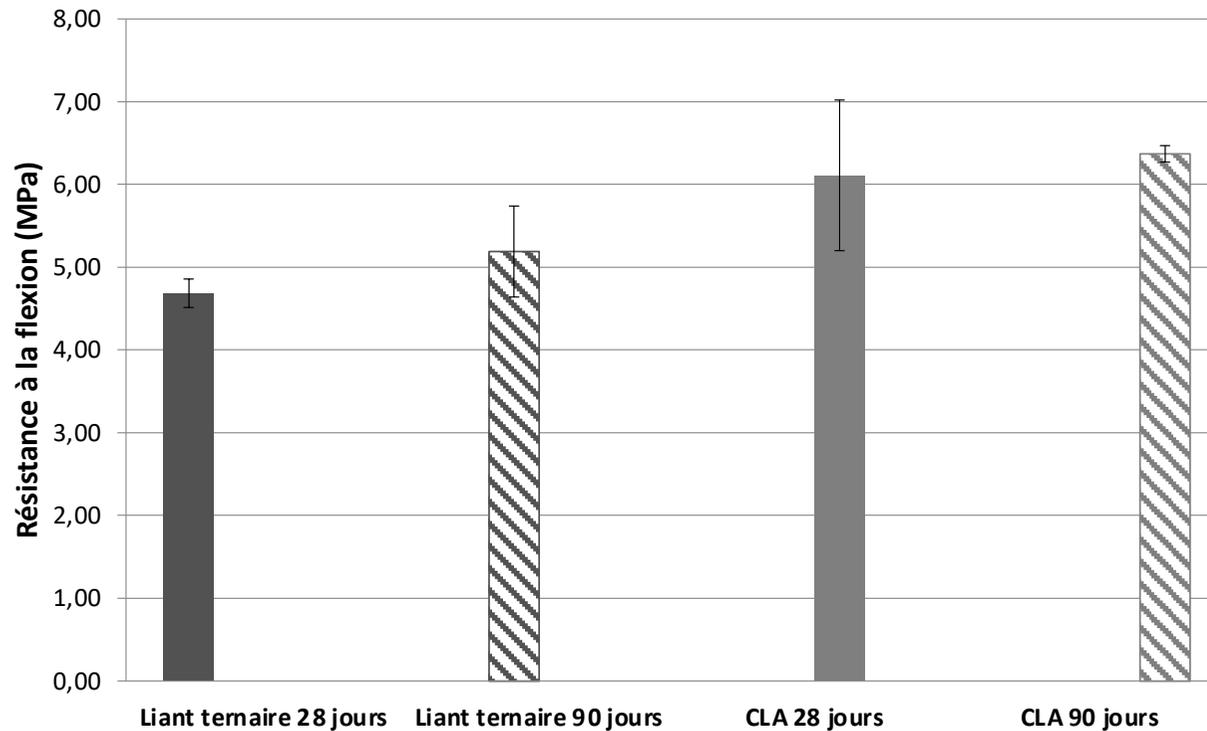
- Propriétés thermiques (λ , Cp)
- Propriétés mécaniques (flexion, compression)

3. AXE 1 - LIANT COMPLEXE – Comportement thermique

$$\begin{array}{l} \text{CEM I 52.5N} \\ \% \text{ m. : } 80 \end{array} + \begin{array}{l} \text{NP} \\ 15 \end{array} + \begin{array}{l} \text{BA} \\ 5 \end{array} = \text{Liant ternaire} \\ \text{(0,5MPa, enceinte climatique)}$$

3. AXE 1 - LIANT COMPLEXE – Comportement en flexion

Résistance à la flexion (28/90 jours)



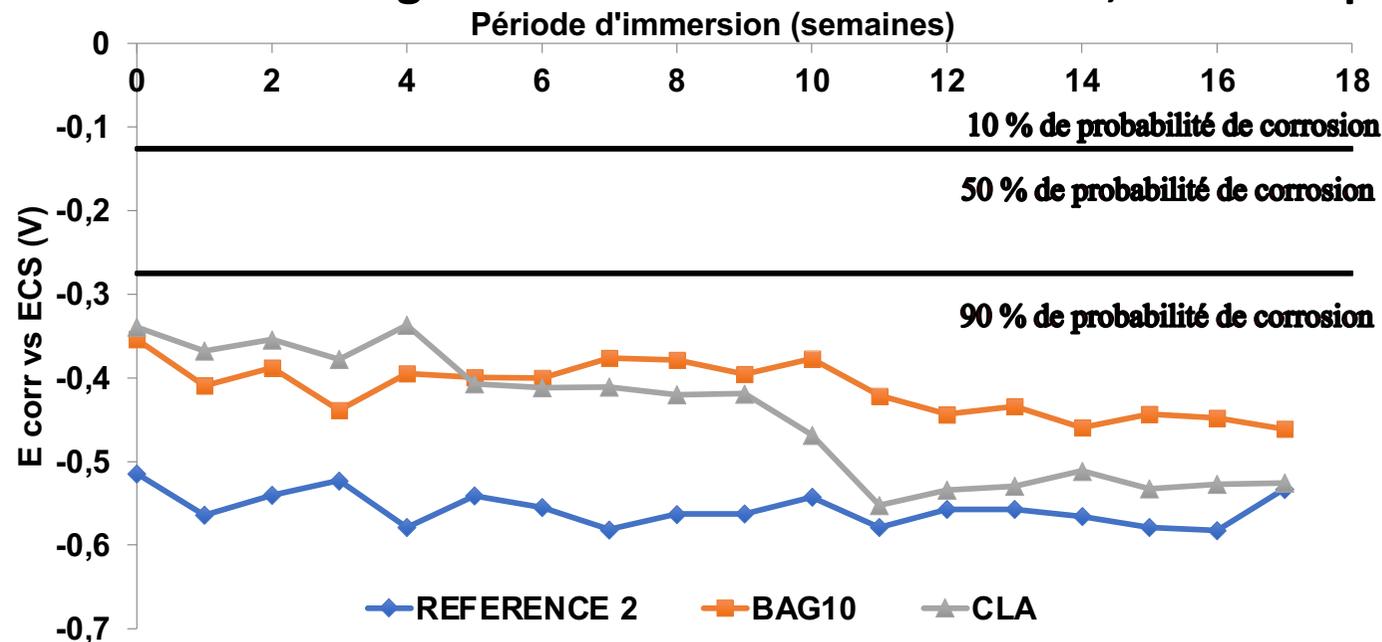
- **Liant ternaire moins résistant que le ciment commercial CLA : (-30%) à 28 jours et (-23%) à 90 jours**
- **Ecart des résistances entre Liant ternaire et CLA décroît avec l'âge**

3. AXE 1 - LIANT COMPLEXE – Corrosion

Durabilité des mortiers

- Potentiel de corrosion en présence d'ions chlorures

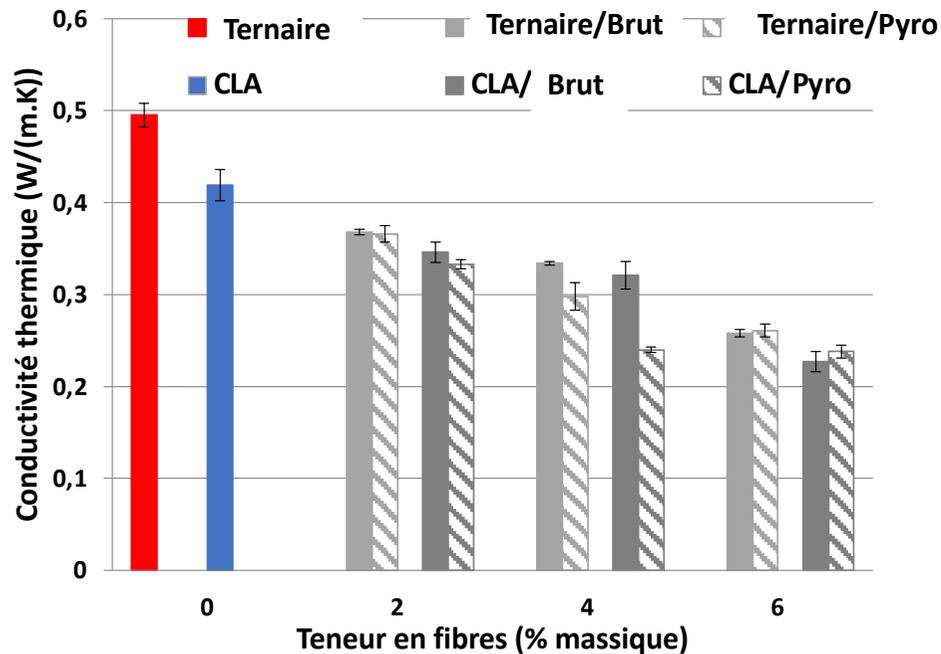
Mortiers immergés dans une solution de NaCl 3,5% massique



- 90% de probabilité de corrosion (CLA, ciment-cendres)
- A partir de 11 semaines → meilleure durabilité du liant ciment-cendres de bagasse comparé au ciment commercial CLA

4. AXE 2 - COMPOSITE BAGASSE/LIANT COMPLEXE ALTERNATIF – Comportement thermique (28 jours)

Conductivité thermique

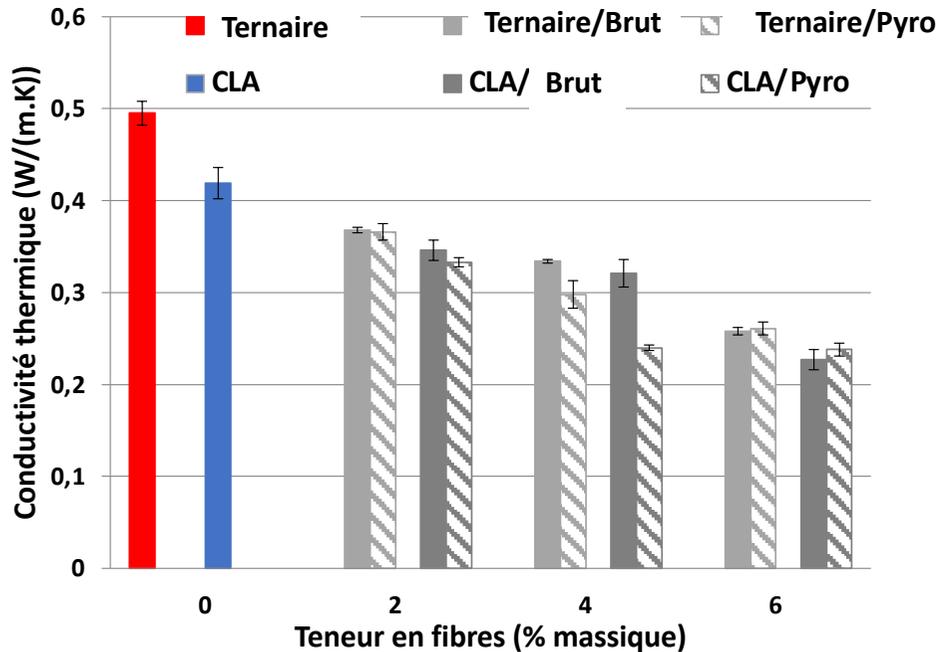


- $\downarrow \lambda$ avec ajout de fibres aussi bien pour liant ternaire que pour CLA
- Stabilisation de λ atteinte autour de 6 %m. pour les 2 liants (-50%)
- Pas d'impact réel de la composition chimique du liant à 28 jours

4. AXE 2 - COMPOSITE BAGASSE/LIANT COMPLEXE ALTERNATIF – Comportement thermique (28 jours)



Conductivité thermique



Capacité calorifique

Matériaux	Cp (J/(g.K))
Ternaire	1,09 ± 0,02
Ternaire 2B	1,11 ± 0,06
Ternaire 6B	0,97 ± 0,09
CLA	1,09 ± 0,01
CLA 2B	0,97 ± 0,02
CLA 6B	0,96 ± 0,06

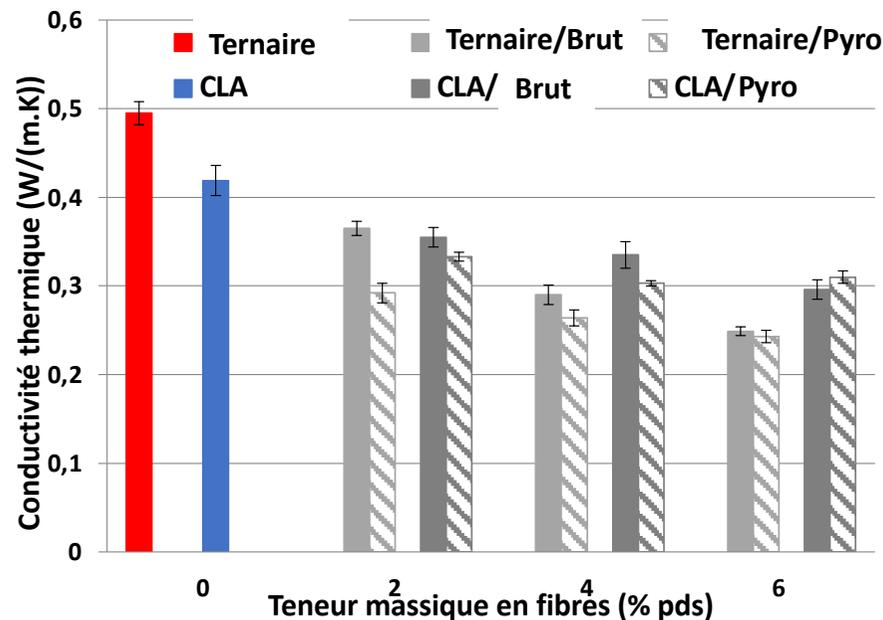
- **↓ λ avec ajout de fibres aussi bien pour liant ternaire que pour CLA**
- **Stabilisation de λ atteinte autour de 6 %m. pour les 2 liants (-50%)**
- **Pas d'impact réel de la composition chimique du liant à 28 jours**

Même ordre de grandeur → **Composition de la matrice sans effet sur Cp à 28 jours**

4. AXE 2 - COMPOSITE BAGASSE/LIANT COMPLEXE ALTERNATIF – Comportement thermique (90 jours)



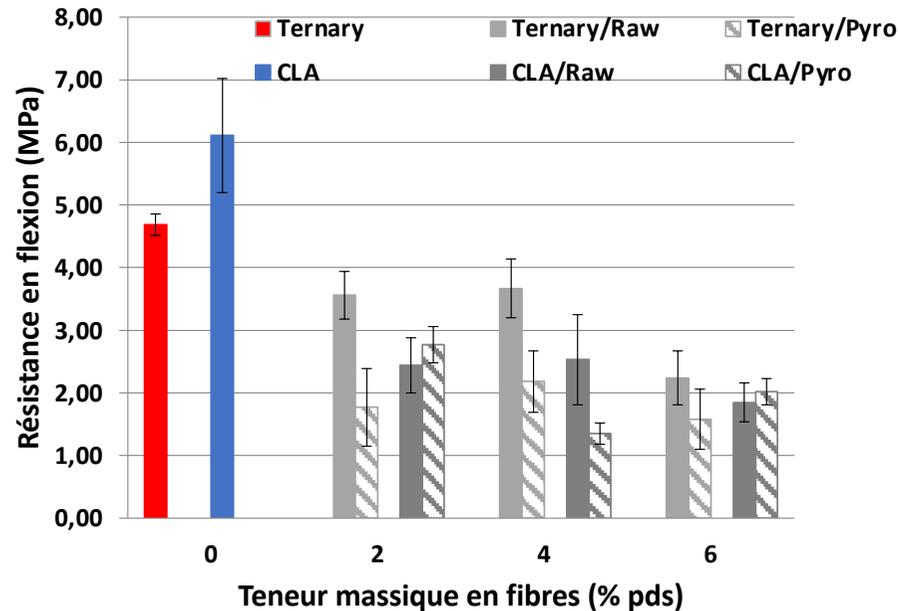
Conductivité thermique



A 90 jours:

- ↓ λ confirmée après ajout de fibres végétales
- Les composites à liant alternatif ternaire conduisent moins la chaleur que CLA à 90 jours (6% en pds)
- Dans le cas des liants ternaires, à 90 jours, les fibres non traitées peuvent être utilisées (6% en pds)
- ➔ Liants alternatifs ternaires + intéressants que CLA (thermique)

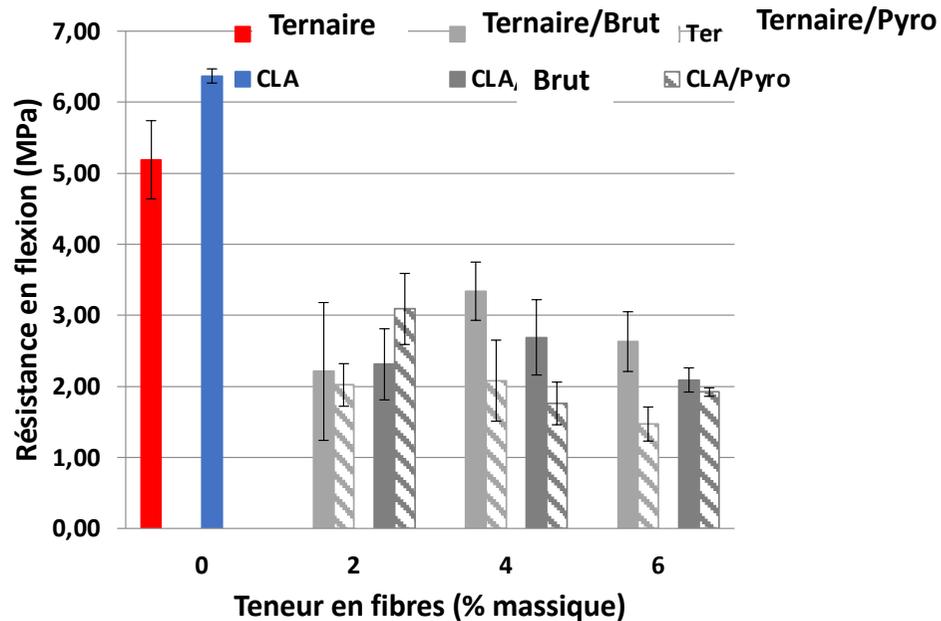
4. AXE 2 - COMPOSITE BAGASSE/LIANT COMPLEXE ALTERNATIF – Comportement mécanique (28 jours)



Composites à liant ternaire alternatif:

- **Présentent des résistances en flexion améliorées comparées aux composites à liant commercial (2, 4% en pds)**
- **Les résistances les + élevées sont obtenues avec des fibres non traitées (2% pds pour CLA/bagasse pyrolysée)**
- **Pour les fibres de bagasse non traitées, les teneurs optimales: 2, 4 % en pds**
- **Pas d'influence de la teneur en fibres de bagasse pyrolysées sur la résistance en flexion**

4. AXE 2 - COMPOSITE BAGASSE/LIANT COMPLEXE ALTERNATIF – Comportement mécanique (90 jours)



Composite à liant complexe alternatif
→ même comportement qu'à 28 jours

Comportements des composites à 28 et 90 jours peuvent être expliqués via diverses porosités :

- Porosité du liant sans fibres < porosité du composite (rapports eau/liant sont ≠)
- Porosité propre des fibres de bagasse : bagasse non traitée (69%), bagasse pyrolysée (74%)
- Départ de l'eau absorbée par les fibres → Contraction des fibres → Nouvelles porosités (↑ porosité totale) → décohésion

→ Etude de la distribution de la taille des pores pour établir la relation entre porosité et comportement mécanique macroscopique des composites est nécessaire

5. CONCLUSIONS/PERSPECTIVES

Composites (2, 4, 6% en pds de fibres brutes et pyrolysées + CLA/Ternaire), enceinte climatique, 28 and 90 jours

Thermique

- A 28 jours: pas d'influence de la composition chimique du liant
- A 90 jours:
 - Composites à liant ternaire conduisent moins la chaleur que ceux à matrice CLA (6% en pds)
 - Avec le liant alternatif, la pyrolyse des fibres de bagasse n'est pas nécessaire pour obtenir des matériaux isolants (économie d'énergie)

Résistance en flexion

- A 28 jours:
 - Composites à liant ternaire plus résistants que composites à liant commercial CLA (2, 4% en pds)
 - Résistances les + élevées obtenues pour composites bagasse non traitée liant ternaire alternatif (2, 4% en pds)
- A 90 jours:
 - Résistances les + élevées obtenues pour composites à liant ternaire alternatif (4% en pds)
 - Confirmation des résistances en flexion les plus élevées obtenues pour liant ternaire alternatif/bagasse non traitée

5. CONCLUSIONS/PERSPECTIVES

Composites (2, 4, 6% en pds de fibres brutes et pyrolysées + CLA/Ternaire), enceinte climatique, 28 and 90 jours

Thermique

- A 28 jours: pas d'influence de la composition chimique du liant
- A 90 jours:
 - Composites à liant ternaire conduisent moins la chaleur que ceux à matrice CLA (6% en pds)
 - Avec le liant alternatif, la pyrolyse des fibres de bagasse n'est pas nécessaire pour obtenir des matériaux isolants (économie d'énergie)

Résistance en flexion

- A 28 jours:
 - Composites à liant ternaire plus résistants que composites à liant commercial CLA (2, 4% en pds)
 - Résistances les + élevées obtenues pour composites bagasse non traitée/liant ternaire alternatif (2, 4% en pds)
- A 90 jours:
 - Résistances les + élevées obtenues pour composites à liant ternaire alternatif (4% en pds)
 - Confirmation des résistances en flexion les plus élevées obtenues pour liant ternaire alternatif/bagasse non traitée

Les composites à liant ternaire sont plus isolants et présentent des résistances en flexion améliorées par rapport aux composites à liant commercial, particulièrement avec des fibres de bagasse non traitées (4% en pds) → valoriser des géo- et bio-ressources végétales, ↘ consommation d'énergie pendant élaboration des matériaux et utilisation dans l'habitat

5. CONCLUSIONS/PERSPECTIVES

ATOUTS

- ↘ CO₂
- Matériaux plus durables
- Bilan carbone amélioré
- ↘ Déchets, pas de compétition avec l'alimentaire
- Matériaux légers (propriétés mécaniques spécifiques ↗, maintenance)

OPPORTUNITES

- Economique → création de filières (récupération, préparation, transport des bio/géo-ressources)
- Culturel → population prête
- Démonstration par l'exemple

FAIBLESSES

- Quantité de matériaux biosourcés
- Démonstration par l'exemple (test échelle 1)

MENACES

- Validation technique (normes à adapter)
- Tests sur longues durées (vieillesse accélérée)

MERCI DE VOTRE ATTENTION