

AMÉLIORATION DU COMPORTEMENT MECANIQUE À LONG TERME DE COMPOSITES CIMENT-LIN

Jonathan Page^{1,2}, Fouzia Khadraoui¹, Mohamed Boutouil¹, Moussa Gomina²

¹ ESITC Caen, 1 rue Pierre et Marie Curie, 14610 Epron

² CRISMAT, UMR6508 CNRS, ENSICAEN, 6 boulevard du Maréchal Juin, 14050 Caen



PROJET BTONLIN



Objectifs du projet :

- Développer une nouvelle filière en utilisant une ressource locale.
- Proposer un nouveau matériau de construction biosourcé.
- Etudier le comportement d'un composite cimentaire incorporant des fibres de lin.



CONTEXTE ET OBJECTIFS

Fibres de lin

- France = leader mondial de la production de fibres de lin teillé (La région Normandie étant le leader national).
- Matière première naturelle et renouvelable.
- Caractéristiques mécaniques intéressantes.
- Caractère fortement hydrophile.

Composites cimentaires biofibrés

- Amélioration de la résistance en flexion et de la ténacité des composites cimentaires.
- Problème d'adhérence à l'interface fibre-matrice qui entraîne des décohésions de la fibre.
- Mauvaise durabilité des fibres végétales au contact du ciment, fortement alcalin.

Objectif de l'étude

Cette étude vise à **améliorer le comportement mécanique à long terme** de composites cimentaires renforcés de fibres de lin, selon deux stratégies :

- Traitements de surface appliqués aux fibres de lin
- Modification de la matrice : utilisation de liants alternatifs

TRAITEMENT DES FIBRES DE LIN

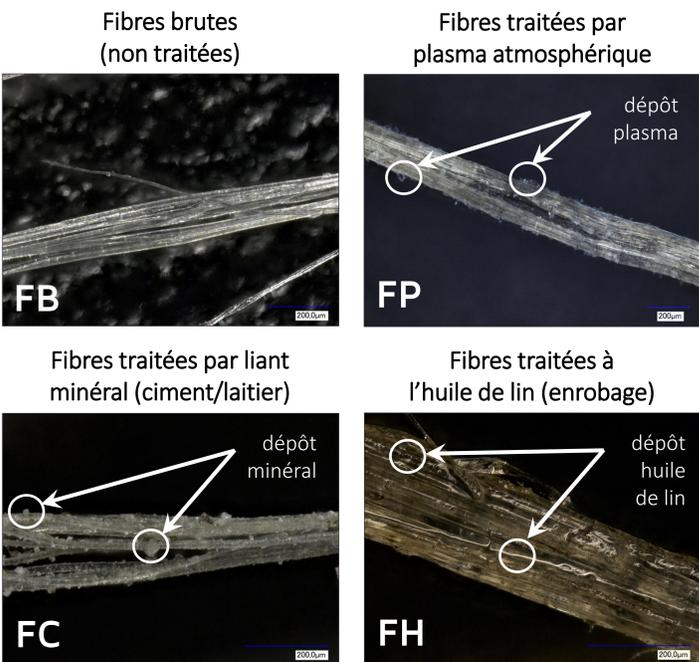


Fig. 1 : Observations microscopiques des fibres de lin brutes et traitées

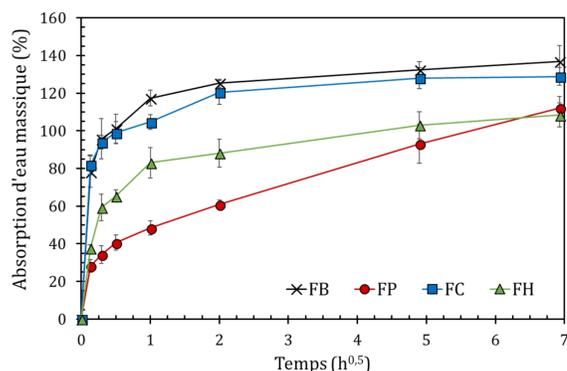


Fig. 2 : Absorption d'eau des fibres de lin brutes et traitées

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

- Sable roulé 0/4 mm (S)
- Fibres de lin : 12 mm de longueur (F)
- Liants :
 - Ciment CEM I 52,5N blanc (CIM) : 0 à 100%
 - Laitier de haut-fourneau (LHF) : 0 à 60%
 - Métakaolin (MK) : 0 à 30%
 - Ciment sulfo-alumineux (CSA) : 0 à 100%



Fig. 3 : Fibres de lin et éprouvette de mortier



Fig. 4 : Essais de caractérisation des mortiers

Tab. 1 : Caractéristiques physiques des fibres de lin

| Diamètre (µm) | 14,66 ± 2,95 |
|----------------------------|--------------|
| Contrainte à rupture (MPa) | 1254 ± 456 |
| Allongement à rupture (%) | 1,86 ± 0,60 |
| Module d'Young (GPa) | 65,5 ± 14,8 |

HYDRATATION ET PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES MORTIERS

Mortiers avec fibres de lin traitées

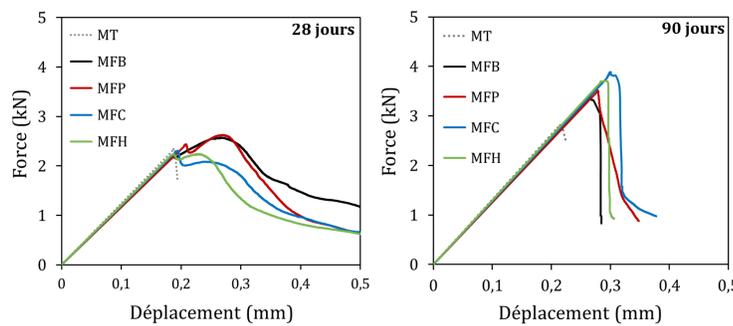


Fig. 4 : Courbes force-déplacement d'un essai de flexion 3 pts des mortiers avec fibres de lin traitées après 28 et 90 jours de cure

- Le mortier témoin non-fibré (MT) se caractérise par un comportement linéaire jusqu'à rupture (fragile).
- L'ajout de fibres de lin permet d'éviter une rupture fragile du matériau en flexion et induit un comportement ductile.
- Après 90 jours de cure, les mortiers biofibrés présentent eux aussi un comportement fragile.
- Les traitements des fibres de lin ne permettent pas de limiter leur dégradation au contact de la matrice.

Mortiers avec liants alternatifs

- Tous les mortiers biofibrés montrent des allures similaires en flexion après 28 jours de cure, avec un comportement post-pic intéressant.
- Après 90 jours de cure, le mortier CIM100 a une résistance à la flexion plus élevée mais une rupture fragile. A cette même échéance, les mortiers CSA et MK présentent toujours un comportement ductile. En revanche, le laitier ne semble pas efficace pour limiter la dégradation des fibres.

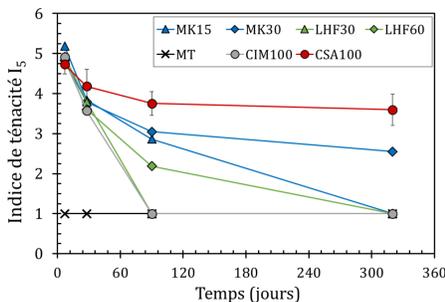


Fig. 6 : Ténacité des composites ciment-lin

- Les liants alternatifs permettent de limiter la dégradation des fibres de lin.
- CSA et MK permettent de conserver une ténacité importante à 90 jours.
- Seul le CSA montre une ténacité élevée à 320 jours.

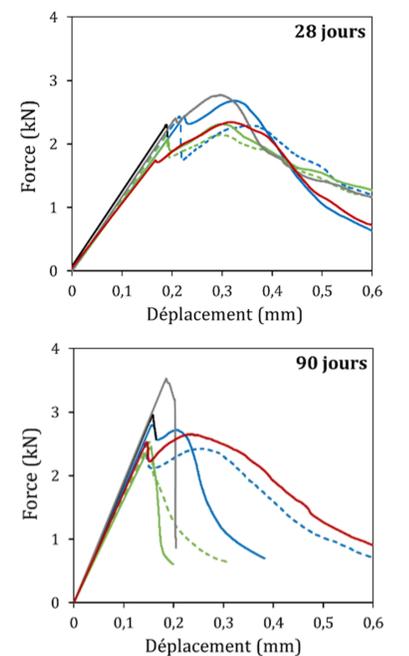


Fig. 5 : Courbes de flexion des mortiers à liants alternatifs après 28 et 90 jours

Hydratation des composites ciment-lin

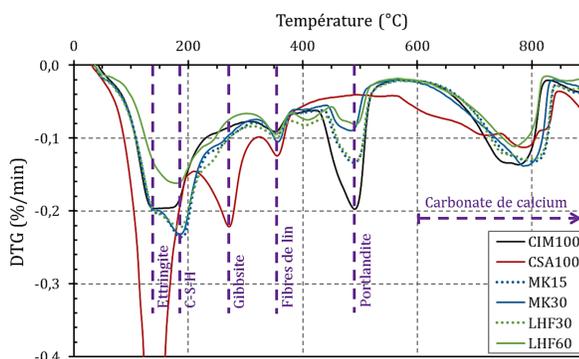


Fig. 7 : Courbes DTG des mortiers à liants alternatifs

- La quantité de Portlandite est diminuée avec les liants alternatifs, ce qui limite la minéralisation des fibres.
- Le CSA ne produit pas du tout de Portlandite mais de la Gibbsite.
- Seul le mortier CSA100 présente un pH beaucoup plus faible.

Tab. 2 : pH des mortiers après 320 jours

| Mortier | pH |
|---------|-------|
| CIM100 | 12,36 |
| CSA100 | 10,32 |
| MK15 | 12,26 |
| MK30 | 12,20 |
| LHF30 | 12,26 |
| LHF60 | 12,17 |

CONCLUSIONS

- Les fibres de lin ont une capacité d'absorption d'eau élevée. Les traitements au plasma atmosphérique et à l'huile de lin permettent de limiter cela.
- L'ajout de ces fibres permet également d'augmenter la résistance en flexion des composites et apporte un comportement pseudo-ductile après fissuration.

- Aucun des traitements appliqués aux fibres ne permet de limiter leur dégradation. Les composites ont un comportement fragile après 90 jours.
- Les liants alternatifs limitent la dégradation des fibres jusqu'à 90 jours de cure. À long terme (320 jours), le CSA et le métakaolin permettent de maintenir une ténacité significative. Cependant, le laitier ne semble pas efficace.