

# Influence des fibres de KénaF sur les propriétés de BTC

Nordine Leklou<sup>1</sup>, Philippe Poullain<sup>1</sup>, Armel Laibi<sup>1,2</sup>, Moussa Gomina<sup>2</sup>

1: Université de Nantes, Laboratoire GeM – UMR 6183

Organisme, Institution, Université

58 rue Michel Ange – 44600 Saint Nazaire CEDEX

e-mail: [nordine.leklou@univ-nantes.fr](mailto:nordine.leklou@univ-nantes.fr) ; [philippe.poullain@univ-nantes.fr](mailto:philippe.poullain@univ-nantes.fr)

2: Laboratoire CRISMAT – UMR 6508

6 boulevard Maréchal Juin – CS 45053 – 14050 Caen CEDEX 4

e-mail: [moussa.gomina@ensicaen.fr](mailto:moussa.gomina@ensicaen.fr)

La terre crue est un matériau naturel, second matériau de construction en terme de volumes mis en œuvre après le ciment. Mise en œuvre de différentes manières en fonction des usages ou de contraintes climatiques locales, elle peut être utilisée sous forme de Briques de Terre Compressées (BTC). Cependant, la terre crue utilisée seule ne permet pas de satisfaire certaines propriétés d'usage du matériau et il est nécessaire d'y ajouter des renforts soit sous la forme de liants divers (ciment, géopolymères...) soit sous la forme de fibres, notamment végétales. Dans cette études, nous avons étudié l'influence de l'ajout de fibres de KénaF sur les propriétés mécaniques et hygrothermiques de BTC réalisées à base de terre crue.

Deux types de sols et une fibre végétal « KénaF », originaires du Bénin (Afrique de l'Ouest) ont été étudiés. Un sol argilo-limoneux de la localité d'Etigbo (Sud du Bénin) et un sol limono-sableux de BAKA. Les plantes de kénaF cultivées près de Parakou, ont été coupées à 6 mois, rouies puis défibrées. Les fibres ont été coupées à l'aide d'un massicot à des longueurs de 5 mm, 10 mm, 20 mm et 30 mm (**Figure 1**).



*Fig. 1: Fibres de KénaF*

Afin de déterminer les caractéristiques mécaniques des fibres, celles-ci sont collées sur un cadre en papier de 3,5 cm de hauteur et 2 cm de largeur. Les longueurs de jauge utilisées sont 5, 10, 20 et 30 mm. Le cadre est ensuite placé dans les mâchoires de serrage de la machine d'essai (Instron 5566) avec une cellule de 10 kN pour un essai de traction uniaxiale monotone. Les résultats **figure 2** indiquent que le paramètre de Weibull ( $m$ ) est d'autant plus grand que la longueur de jauge est faible. Ceci traduit une plus grande homogénéité, c'est-à-dire une fiabilité plus grande. Quelle que soit la longueur de jauge considérée, le module de Weibull des fibres de kénaF est supérieur à celui des fibres de lin [1] et des fibres de diss [2]. De plus, le module de Weibull et la contrainte moyenne à la rupture sont influencés par la longueur de jauge. Cela peut être expliqué par le fait que ces paramètres sont contrôlés par la taille et le nombre de défauts.

Le comportement hygro-thermomécanique des BTC (propriétés mécaniques, coefficients de transfert hydrique et porosité) est étudié sur 28 formulations. Les résultats montrent que :

- La formulation BTC non fibrée (B0) (**figure 3**) présente un comportement élastique linéaire jusqu'à la rupture qui survient par une propagation de fissures issues d'un défaut (pore) dans le matériau (domaine I). Dans le cas de BTC incorporant 0,5% de fibres de kénaF de longueur 30 mm ( $BF_{0,5}^{30}$ ), l'accroissement de fissure à partir d'un défaut interne (matérialisé par la baisse rapide de contrainte) est bloqué dans un premier temps par l'action des fibres localisées au voisinage du front de fissure (augmentation de la contrainte). Les mécanismes mis en œuvre sont : le contournement progressif des fibres (déchaussement, extraction de la matrice minérale, microfissuration de la matrice, mise en tension des fibres). L'activation de ces mécanismes est matérialisé par la remontée de la contrainte et l'accroissement du déplacement jusqu'à la contrainte maximale (domaine II). Après ce stade, la rupture des fibres, leur extraction progressive de la matrice par frottement et les microfissurations se conjuguent pour créer une macrofissure dont la taille augmente avec le déplacement (domaine III). Les domaines II et III d'endommagement croissant quand la déformation augmente constituent le stade de comportement ductile du matériau [3]

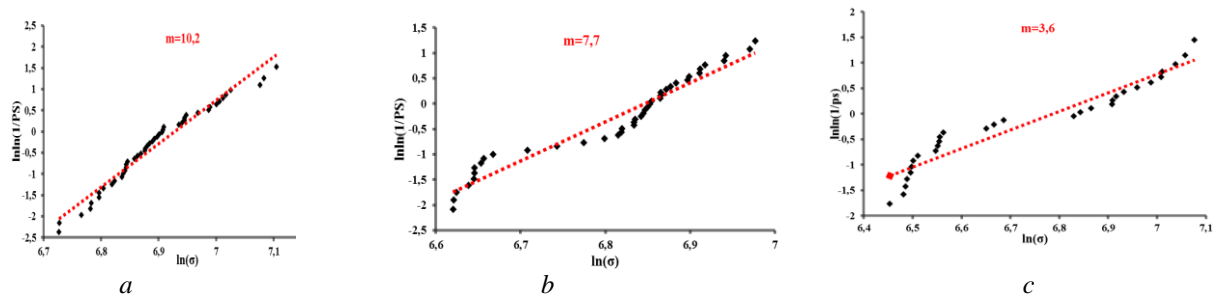


Fig. 2: Distributions de Weibull représentant la probabilité de survie en fonction de la contrainte à la rupture pour des fibres de kénaf de longueur : a)  $l=5$  mm ; b)  $l=10$  mm ; c)  $l=20$  mm

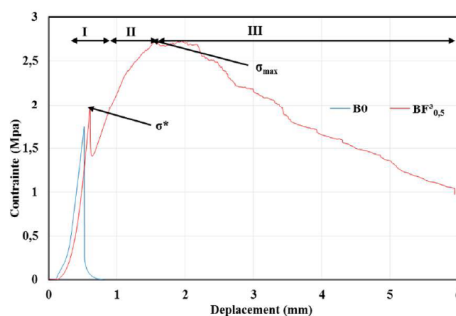


Fig. 3: Courbe contrainte-déplacement des blocs

- Les coefficients de Washburn (A, A' et B) (**tableau 1**) diminuent avec l'augmentation de la teneur en ciment et croissent avec l'ajout des fibres. Les coefficients A pour les formulations fibrées sont plus élevés comparativement aux composites sans fibres et les coefficients A' sont environ moitié plus faibles que les coefficients A. Ces résultats indiquent que l'ajout des fibres à la matrice minérale favorise la création des macropores qui gouvernent la première phase d'absorption. La cinétique de la deuxième phase est favorisée par une faible microporosité comme en témoignent les coefficients A'.
- La porosité accessible à l'eau (**tableau 2**) diminue avec l'augmentation de la teneur en ciment et augmente avec l'introduction des fibres. L'ajout de ciment par la formation des hydrates, induit la formation d'une porosité fermée, non accessible à l'eau tandis que l'incorporation des fibres crée des pores ouverts accessibles à l'eau.

Formulation	A ( $\text{g}/\text{cm}^2\text{s}^{0.5}$ )	A' ( $\text{g}/\text{cm}^2\text{s}^{0.5}$ )	B ( $\text{cm}/\text{s}^{0.5}$ )
BC <sub>3</sub>	0,0131±0,002	-	0,04±0,017
BC <sub>5</sub>	0,0078±0,0014	-	0,034±0,0128
BC <sub>7</sub>	0,007±0,0023	-	0,032±0,013
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>3</sub>	0,0139±0,007	0,008±0,001	0,04±0,021
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>5</sub>	0,010±0,0013	0,0079±0,0046	0,038±0,028
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>7</sub>	0,010±0,0030	0,068±0,0007	0,037±0,018
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>3</sub>	0,0137±0,0034	0,0088±0,001	0,047±0,012
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>5</sub>	0,0132±0,0015	0,0067±0,0018	0,047±0,017
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>7</sub>	0,011±0,0012	0,0057±0,0006	0,034±0,016

Tab. 1: Données moyennes des coefficients caractéristiques de l'absorption par capillarité

Formulation	n (%)
BC <sub>3</sub>	24,52
BC <sub>5</sub>	23,36
BC <sub>7</sub>	23,05
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>3</sub>	26,44
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>5</sub>	26,09
BF <sub>0.5</sub> <sup>3</sup> C <sub>7</sub>	24,44
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>3</sub>	28,12
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>5</sub>	26,79
BF <sub>1.5</sub> <sup>2</sup> C <sub>7</sub>	26,63

Tab. 2: Porosité accessible à l'eau des différentes formulations

## Références

[1] S. Korte, M.P. Staiger, "Effect of processing route on the composition and properties of hemp fibre" *Dibers and Polymers*, Volume 9-5 (2008).

[2] Y. Lamia, "Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss)", thèse Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif, Algérie, mécanique appliqué, 2011.

[3] ACI 544. State-of-the-art report on fibre reinforced concrete. Reported by ACI Committee 544.1-96, 1996.

[3] ACI 544. State-of-the-art report on fibre reinforced concrete. Reported by ACI Committee 544.1-96, 1996.