

## **Elaboration et caractérisation d'un matériau de construction à base de fibres d'*Hibiscus cannabinus* L. (Kéna) et de plâtre**

**Beli NEYA<sup>1\*</sup>, Benoit DUCHEMIN<sup>2</sup>, Laurent BIZET<sup>2</sup>, Jean-Marc KANEMA<sup>2</sup> et Anne PANTET<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> DEF / INERA / CNRST 04 BP 8645, Ouagadougou 04 Burkina Faso

<sup>2</sup> LOMC, UMR CNRS 6294, Normandie Université - Le Havre 75, rue Bellot, et 53, Rue Prony, CS 80 540 76058 Le Havre France

<sup>3</sup> Laboratoire Eco-Matériaux et Techniques de Constructions (LEMC), 2iE, 01 BP 594 Ouagadougou 01, Rue de la Science, Burkina Faso

\* Correspondance, courriel : [beli.neya@gmail.com](mailto:beli.neya@gmail.com)

### **Résumé**

Au Burkina Faso, depuis quelques années des associations, des entreprises et des scientifiques œuvrent pour la valorisation du bâti en bloc de latérite taillé ou scié. Toutefois les performances thermiques de ce type d'habitat, bien que meilleur que le parpaing nécessite des améliorations, notamment en réduisant les échanges thermiques par le toit et les parois, par l'utilisation des panneaux de plâtre. En raison de la faible ductibilité du plâtre et son coût nous avons envisagé son renforcement par la fibre de Kéna, plante abondante au Burkina Faso et dont la culture est maîtrisée par les paysans burkinabé. Pour ce faire nous avons élaboré un matériau composite à base de plâtre, sable et des fibres de Kenaf. L'objectif visé est de réaliser des formulations à base de ces matières premières afin d'obtenir des faux plafonds et des cloisons (placo-plâtre) pour un usage dans le bâtiment au Burkina Faso. Des éprouvettes cylindriques et prismatiques ont été utilisées pour des mesures de conductivité thermique, de compression, et de flexion. La conductivité thermique augmente avec le taux de sable et n'est pas sensible aux 1 % de fibres de kéna ajouté. Les essais de compression ne montrent pas d'influence notable du taux de sable ou de fibres de kéna sur le module dynamique ou la résistance à la compression. L'ajout de Kéna et de sable montrent une influence sur la ductilité du plâtre lors des essais de flexion. Avec 1 % de Kéna, il apparaît notamment une résistance résiduelle modifiant le type de rupture en flexion. Des observations au microscope optique ont été effectuées sur des faciès de rupture des éprouvettes de flexion et montrent que les fibres se répartissent de manière homogène et plutôt sur la longueur des échantillons.

**Mots-clés :** *fibres végétales, plâtre, composite, habitat, isolation thermique.*

### **Abstract**

**Development and characterization of a building material based on *Hibiscus cannabinus* L. (Kenaf) and plaster fibers**

In Burkina Faso, for some years now, associations, companies and scientists have been working to upgrade the structure in cut or sawn laterite blocks. However, the thermal performances of this type of housing, although better than the cinder block, require improvements, in particular by reducing thermal exchanges by

the roof and the walls, in particular by gypsum panels. Due to the low ductility and cost of the gypsum, we focused on its strengthening by the use of Kenaf fiber plant which is abundant in Burkina Faso and of which culture techniques have been successfully controlled by the farmers. For that, we developed a composite material made of gypsum, sand and Kenaf fibers. This study aimed to carry out formulations based on these raw materials to obtain false ceilings and partitions (gypsum board) for use in buildings in Burkina Faso. Cylindrical and prismatic shaped samples were used for measuring thermal conductivity, compression and flexion. The thermal conductivity increases with the sand ratio and is not sensitive when 1 % of kenaf fiber was added. The compression experiments did not show a noticeable influence of the sand or kenaf fiber ratio on the dynamic moduli or compressive strength. The addition of Kenaf and sand has an influence on the ductility of the gypsum during the flexion experiments. With 1 % of Kénaf, it especially appears a residual resistance modifying the type of the flexural strength. Optical microscopic observations were performed on the break features of the samples. Results show that the fibers are distributed homogeneously and rather along the samples length.

**Keywords :** *plant fibers, gypsum, composite, housing, thermal insulation.*

## 1. Introduction

Dans le cadre de ce travail sur l'habitat en pays sahélien, des produits traditionnels sont repris en les adaptant aux modes constructifs actuels pour promouvoir l'écoconstruction dans un contexte régional. Au Burkina-Faso, des associations, des entreprises et des scientifiques œuvrent pour la valorisation du bâti en blocs de latérite taillés (BLT). En se fondant sur l'existant en termes de bâtiments anciens en maçonnerie de BLT, des ouvrages actuels et des études menées sur l'usage de la latérite rocheuse comme éléments de maçonnerie, un groupe de travail a établi un indice de qualité permettant d'établir un indice de qualité pour l'usage des BLT dans la construction. Bien que le BLT présente des propriétés thermiques meilleures que le parpaing, l'amélioration de la qualité des ambiances en BLT reste un problème essentiel [1]. Différentes solutions techniques sont possibles pour améliorer le confort intérieur des habitats par exemple le savoir-faire développé dans les pays du nord de l'Afrique par les artisans staffeurs qui réalisent en équipement intérieur, des parois légères en plâtre de type cloison ou faux plafonds plus ou moins décorées de corniches, moulures et rosaces. Dans ce cadre nous avons choisi d'examiner ici les propriétés mécaniques d'un composite à base de plâtre et de sable, renforcé avec des fibres végétales de Kénaf produit au Burkina Faso. Le Plâtre permet une bonne résistance à la flexion et est produit par des groupes industriels localisés dans les pays d'Afrique du Nord.

Les coûts de transport rendent malheureusement ce matériau onéreux en Afrique sahélienne. Aussi, il a été décidé de voir l'influence d'une substitution partielle du liant par un matériau de base, le sable, inerte et bien plus fréquent en Afrique sahélienne. Le plâtre est réputé avoir des qualités d'isolations thermique et phonique et de réguler l'hygrométrie des locaux [2]. Toutefois, il est fragile et différents renforts sont alors utilisés (des fibres ou du carton) pour le plafonnage ou en cloisonnage [3 - 5]. Plusieurs types de fibres, naturelles ou synthétiques, sont utilisés et améliorent les performances du plâtre. L'usage des fibres végétales connaît actuellement un regain d'intérêt [5 - 9, 13, 14, 16] par rapport aux fibres synthétiques non-biodégradables car elles peuvent être moins chères, plus faciles à produire et présentent d'excellentes propriétés. De nombreuses études ont montré que le Kénaf produit une fibre libérienne similaire au jute, mais avec une résistance à la traction plus grande, bien qu'elle soit un peu plus grossière et plus cassante. [10, 11]. Le Kénaf ou *Hibiscus cannabinus* L., qui est communément appelé chanvre de Guinée ou chanvre de Bombay, est une plante sauvage commune dans la plupart des pays africains au sud du Sahara. Il est à présent répandu dans les régions tropicales et subtropicales. Le genre *Hibiscus* comprend 200-300 espèces, principalement dans les

régions tropicales et subtropicales, dont un grand nombre sont cultivées comme plantes ornementales. Par le passé, le Kénaf a eu une certaine importance comme plante à fibres commerciales en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso, au Togo, au Bénin, au Niger, au Kenya, en Tanzanie et au Malawi. L'Inde et la Chine sont actuellement les plus grands producteurs [15] de fibres de Kénaf. L'objet de cet article est de présenter les premiers résultats de cette étude de caractérisation de panneaux à base de mélanges de plâtre, sable, et de fibres de Kénaf ; Il s'agit de caractériser les propriétés usuelles à savoir les résistances à la compression et à la flexion, ainsi que les propriétés thermiques des mélanges. Si de nombreuses études ont été publiées sur du mortier renforcé par des fibres naturelles ou synthétiques [4, 6, 7, 9, 12, 17, 19 - 23], il existe nettement moins de références bibliographiques dans le cas du plâtre renforcé par des fibres végétales, bien que le plâtre soit largement utilisé dans la construction.

## 2. Matériels et méthodes

### 2-1. Le Plâtre

Un plâtre commercial conditionné en sacs de 20 kg de la marque Lutèce a été utilisé pour confectionner les formulations étudiées. Les principaux composants du plâtre sont, d'après les données bibliographiques [2, 4, 5, 12], l'anhydrite  $\text{CaSO}_4$  et l'hémihydrate de calcium sous forme de cristaux bien formés obtenus par voie humide) ou (mal cristallisé et obtenus par voie sèche) de gypse. Il est connu que, pour l'hydrater, la quantité théorique d'eau doit être de 0,25 fois la masse de plâtre et que la réaction est totale en moins de deux heures. Dans les applications de la construction, le ratio E/P utilisé varie entre 0,6 et 0,8, voire plus, sinon l'ouvrabilité est délicate. Comme l'ont montré de nombreux auteurs [3, 4], le phénomène d'hydratation s'accompagne de retrait ou de gonflement. La formation des cristaux et leur enchevêtrement procurent de la cohésion et de la rigidité au plâtre. Comme la production de plâtre sur le continent est localisée dans les pays d'Afrique du Nord, il a été décidé de voir l'influence d'une substitution partielle du liant par du sable qui est non réactif et bien plus fréquent en Afrique sahélienne. Un sable noté S (0/2 mm) du commerce a été utilisé à un taux de substitution de 20 % et de 40 %.

### 2-2. Le Kénaf

Le Kénaf utilisé a été produit dans un village de la Commune de Zawara (Région du Centre Ouest du Burkina Faso). C'est une plante cultivée à partir de graines ou de boutures. Le Kénaf est une plante herbacée annuelle pouvant atteindre jusqu'à 2 m de haut à l'état sauvage et jusqu'à 5 m en culture; elle a une tige érigée, fine, cylindrique, épineuse chez les formes sauvages avec des feuilles alternées simples, des stipules filiformes de 5–8 mm de long, pubescentes, un pétiole de 3–30 cm de long, un limbe de 1–19 cm  $\times$  0,1–20 cm, très faiblement à très fortement palmatilobées. Ses fleurs axillaires sont groupées près de l'apex de la plante. Les fibres de Kénaf contiennent 36–62 % d' $\alpha$ -cellulose, 14–21 % d'hémicelluloses, 6–19 % de lignine, 1–5 % de pectine et 0–3 % de cendres [10, 11]. A la fin de la culture du Kénaf, les tiges sont récoltées, débarrassées de leurs feuilles et entreposées par paquets; elles sont ensuite immergées dans un plan d'eau pendant 3 à 7 jours maximum ; à l'issue de ce rouissage à l'eau, les tiges sont défibrées et subissent une phase de lavage pour les débarrasser des résidus de dégradation du rouissage. Elles seront enfin séchées à l'air libre puis mises en bottes [10, 11].

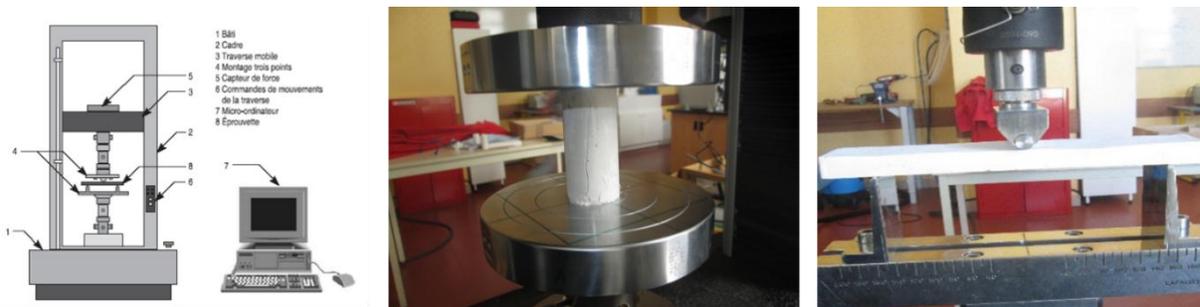


**Figure 1 : Récolte (1), rouissage dans l'eau (2) et séchage du Kéna (3) d'après [11]**

Des rubans raclés et séchés sont utilisés pour des ficelles et des cordages de nattes. Les rubans et les tiges entières sont une matière première pour l'industrie de la pâte à papier. Les graines des cultures de fibres sont utilisées pour en extraire l'huile, les résidus servant de fourrage. L'huile convient comme lubrifiant, pour l'éclairage et pour la fabrication de savon, de linoléum, de peintures et de vernis. Par ailleurs, la plante est utilisée dans l'alimentation et pour la médecine traditionnelle.

### 2-3. Élaboration des éprouvettes et essais de caractérisation thermique et mécanique

Trois formulations sont étudiées avec et sans fibres : plâtre avec un rapport  $(E/P) = 0,7$  et plâtre/sable avec  $(E/P+S) = 0,84$  et plâtre/sable avec  $(E/P+S) = 0,98$ . La quantité de fibres est fixée à 1%, car au-delà de ce taux, le mélange devient difficile à préparer et à couler. Toutes les éprouvettes sont ensuite conservées durant 21 jours à la température ambiante du laboratoire. Pour mieux appréhender le comportement des futurs panneaux (de grande dimension et d'épaisseur réduite), des pannes de longueur 200 mm, largeur 40 mm et épaisseur 15 mm, avec les mêmes dosages, sont confectionnées avec et sans fibres. Des essais préliminaires ont été réalisés pour déterminer les cinétiques de prise et les temps de séchage sur des cylindres (diamètre 50 mm, hauteur 18 mm — trois par préparation). Ces disques ont été préparés par remplissage de moules cylindriques avec les trois mélanges (plâtre, plâtre et sable à 20 et 40 %) après malaxage ; leurs masses ont été mesurées en fonction du temps, afin de déterminer la cinétique de prise. Seule la surface circulaire supérieure est en contact avec l'air. D'autres éprouvettes cylindriques, de diamètre 35 mm et de hauteur 70 mm, sans fibres, ont aussi été testées pour juger de l'effet de la substitution par le sable. Pour éviter des fortes hétérogénéités en regard de la taille des éprouvettes cylindriques, il n'y a pas eu addition de fibres végétales. La présence de fibres à ces dosages affecte peu la résistance à la compression. Avant de rompre les échantillons cylindriques pour la mesure de la résistance à la compression, des mesures de conductivité thermique sont effectuées avec un appareillage de marque 'DECAGON Devices, inc' (KD2 pro). De même, la vitesse de propagation des ondes ultrasonores a été mesurée avec un appareil Pundit pour déterminer le module dynamique des matériaux.



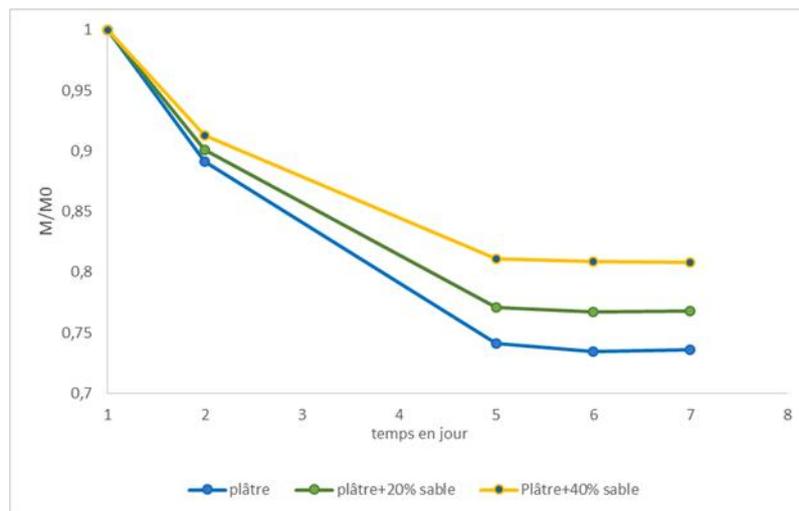
**Figure 2 : Caractérisation mécanique : schéma de l'appareil (à gauche) ; tests de compression (au milieu) et de flexion (à droite)**

Les essais mécaniques sont réalisés grâce à une machine d'essais mécaniques INSTRON 5567, constituée d'un bâti rigide avec une traverse mobile, sur laquelle est fixé le capteur de force (cellule de charge de 10 KN). La traverse fixe supporte soit le plateau inférieur pour les tests de compression, soit l'accessoire ayant les deux appuis fixes pour les tests en flexion. La vitesse de chargement utilisée est constante et de 1 mm/min. Les dimensions des éprouvettes sont préalablement mesurées avec un pied à coulisse numérique avec une précision de 0,05 mm. Tous les essais sont réalisés à température ambiante.

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Essais préliminaires sur la cinétique de prise des matériaux

La masse des cylindres conservés à l'air ambiant a été mesurée en fonction du temps pour les différentes compositions. Pour comparer les résultats, on a pris la grandeur adimensionnelle  $M/M_0$  avec  $M_0$  la masse initiale et  $M$  la masse au temps  $t$ . Les masses sont les moyennes obtenues avec trois éprouvettes d'une même préparation. Le ratio devient constant au-delà de 5 jours, la prise est donc stabilisée. La teneur en sable n'influence pas ce temps. D'après la courbe de suivi de la masse d'un échantillon en fonction du temps (**Figure 3**), cinq jours est le temps de séchage minimum. Afin d'être sûr que les éprouvettes soient bien sèches, les essais mécaniques ont été réalisés après 21 jours de séchage.



**Figure 3 :** Effet de la prise du plâtre et séchage et des mélanges en capsules

Si l'on considère que le palier de la **Figure 3** correspond au plâtre hydraté, la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation est de  $0,275 \times$  masse de plâtre en poudre. Pour le mélange à 20 % de sable, avec les mêmes considérations, la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation est de  $0,263 \times$  masse de plâtre en poudre. Pour celui à 40 %, elle est de  $0,301 \times$  masse de plâtre en poudre. Ces résultats sont en accord avec les informations publiées sur la chimie du plâtre et de son hydratation.

#### 3-2. Caractéristiques physiques (masse volumique, porosité, conductivité thermique)

La masse volumique et la porosité des éprouvettes cylindriques séchées ont été calculées après 21 jours de séchage à l'air libre et leurs valeurs sont indiquées dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1 : Valeurs mesurées des masses volumiques et des taux de porosité**

Masse volumique (M/V) kg/m <sup>3</sup> Porosité (%)	Plâtre		Plâtre + 20 % sable		Plâtre + 40 % sable	
	M/V	%	M/V	%	M/V	%
Epr 1	1133,50	43,01	1227,96	40,04	1401,13	34,10
Epr 2	1136,36	42,21	1286,76	39,69	1487,30	34,85
Epr 3	1186,16	43,19	1308,47	40,31	1470,57	34,21
Moyenne	1152,01	42,70	1274,40	40,01	1453,00	34,39
Ecart Type	29,61	0,69	41,65	0,31	45,69	0,41

Les masses volumiques des éprouvettes augmentent avec la teneur en sable, car le sable quartzueux possède une densité plus forte que le gypse. L'évaporation de l'eau au cours du séchage des éprouvettes est à l'origine des pores au sein de la matrice. Tous les échantillons ont été hydratés avec le même rapport E/P = 0,7. Au cours du séchage, la même quantité d'eau s'est a priori évaporée, créant une porosité de la matrice voisine. L'ajout de sable, non poreux, analogue à un renfort granulaire, contribue ainsi à réduire la porosité du composite, mais de manière limitée. Les mesures de conductivité thermique sont rassemblées dans le **Tableau 2**. Il est montré que la présence des fibres ne modifie pas significativement la conductivité thermique à cette concentration de 1 %. Des résultats antérieurs ont montré que la longueur des fibres n'influence pas ces mesures [5].

**Tableau 2 : Valeurs des conductivités thermiques**

Conductivité W/m.K	Plâtre		Plâtre + 20 % sable		Plâtre + 40 % sable	
	10 j	20 j	10 j	20 j	10 j	20 j
temps de séchage						
Epr 1	0,342	0,341	0,411	0,411	0,503	0,588
Epr 2	0,336	0,337	0,398	0,442	0,555	0,582
Epr 3	0,335	0,351	0,414	0,443	0,517	0,514
Moyenne	0,338	0,343	0,407	0,432	0,525	0,561
Ecart Type	0,004	0,007	0,009	0,018	0,027	0,041

Les échantillons ont une conductivité thermique relativement faible ( $\lambda = 0,338$  à  $0,561$  W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>) pour un matériau de construction. Ces matériaux sont donc mauvais conducteurs de chaleur, ce qui est un avantage en cas d'incendie. Compte tenu de la faible conductivité thermique de l'air ( $\lambda_{\text{air}} = 0,0251$  W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>), lorsque la porosité augmente, la conductivité thermique des matériaux diminue. On constate que la conductivité thermique augmente lors de l'ajout de sable, qui s'accompagne également d'une réduction de la porosité. Cette charge minérale réduit l'efficacité du plâtre en tant qu'isolant thermique.

### 3-3. Mesure des caractéristiques mécaniques des mélanges plâtre-sable : module de déformation dynamique et résistance à la compression simple

Les propriétés étudiées et les plus facilement mesurables sont le module de déformation et la résistance à la compression à la rupture (**Tableau 3**). Elles sont couramment corrélées à la porosité totale du matériau.

**Tableau 3 : Module dynamique et résistance maximale à la compression simple**

Matériau	Plâtre		Plâtre +20 % sable		Plâtre + 40 % sable	
	Rc MPa	Edyn GPa	Rc MPa	Edyn GPa	Rc MPa	Edyn GPa
Epr 1	6,6	2,854	6,1	2,848	5,2	3,294
Epr 2	5,3	2,799	6,8	2,907	6,2	4,433
Epr 3	-	3,276	7	2,852	4,8	3,253
Moyenne	6,0	2,976	6,6	2,869	5,4	3,660
Ecart Type	0,9	0,261	0,5	0,033	0,7	0,670

Les résistances à la compression simple sont voisines de 6 MPa lorsque le matériau est sec. Comparativement aux résultats obtenus par [2, 3, 8], nos valeurs de résistance mécaniques à la compression sont intermédiaires. Des effets parasites, comme des bulles développées au moment du gâchage, peuvent contribuer à réduire la résistance à la compression. Pour les éprouvettes, les fissures généralement subverticales apparaissent au moment du pic de contraintes et conduisent rapidement à la rupture de l'éprouvette. Les éprouvettes ont gardé leur quasi-intégrité après la rupture, seuls quelques petits éclats superficiels s'étant détachés, avec un écaillage localisé aux extrémités. Les modules dynamiques sont entre 2,9 GPa et 3,7 GPa. La mesure dynamique est préférée à la méthode statique, considérée moins précise pour déterminer les propriétés élastiques, car elle ne crée pas d'endommagement. L'ordre de grandeur de ces valeurs est cohérent avec les résultats obtenus par d'autres auteurs. Toutefois, une corrélation entre porosité/densité et module d'Young ne semble pas se dégager.

### 3-4. Mesure des caractéristiques mécaniques en flexion des mélanges plâtre-sable-kénaf

La contrainte conventionnelle de rupture en flexion statique est déterminée par :

$$\sigma = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \tag{1}$$

*P* étant la charge appliquée à la rupture en flexion (N), *L* la distance entre les axes d'appuis (mm), *b* et *h* la longueur et la hauteur de l'éprouvette (mm) et *f* la flèche (mm).

Le **Tableau 4** rassemble les valeurs expérimentales de la résistance à la flexion maximale *R<sub>f</sub>* et la résistance à la flexion résiduelle *R<sub>f, res</sub>* de chaque formulation. Les pannes étudiées ont une section rectangulaire de 40 mm de largeur sur 15 mm de hauteur et la distance entre les deux appuis inférieurs est de 150 mm.

**Tableau 4 : Résistance maximale et résiduelle en flexion**

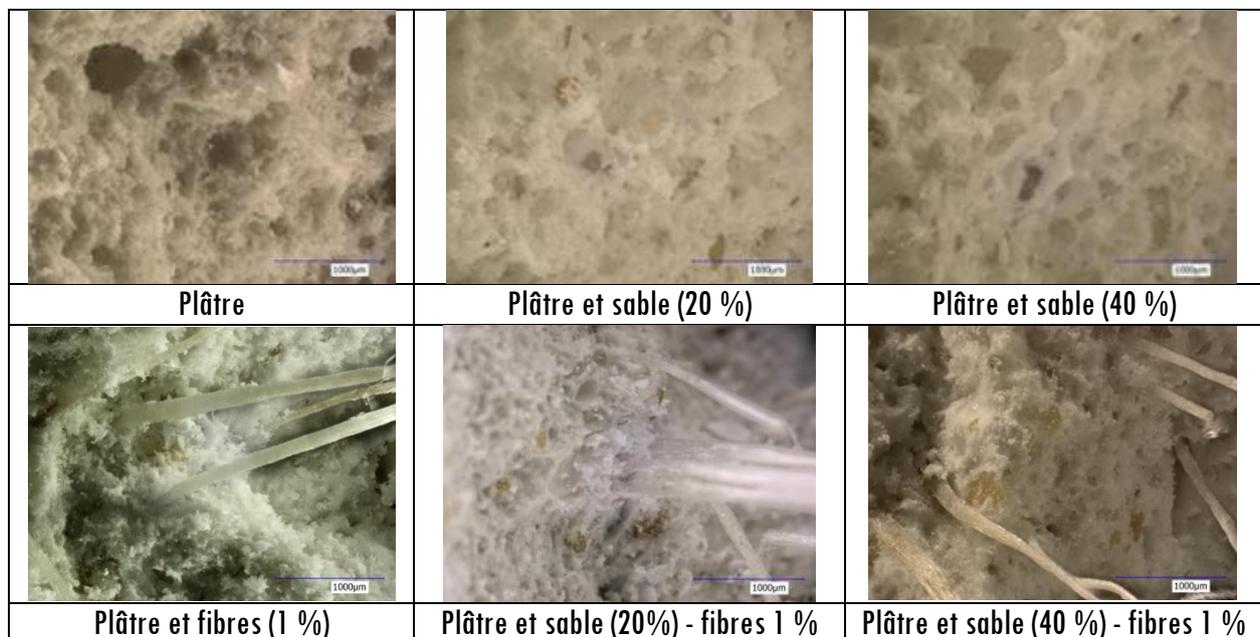
Rf et Rf <sub>res</sub> MPa	Plâtre		Plâtre + 20 % sable		Plâtre + 40 % sable	
	Sans fibres	Avec fibres	Sans fibres	Avec fibres	Sans fibres	Avec fibres
Fibres						
Epr 1	2,5	3,4/1,9	2,3	2/0,8	2,8	3/1,0
Epr 2	2	3,2/1,0	2,75	3,2/1,1	2,5	2,75/1,0
Epr 3	-	2,5/-	2,3	2,2/1,4	2,9	2,95/-
Moyenne	2,25	3,07/1,44	2,45	2,5/1,1	2,73	2,90/1,0
Ecart Type	0,35	0,52/0,62	0,26	0,64/0,3	0,21	0,13/0,0

La résistance à la flexion augmente légèrement en fonction de la teneur en sable. L'apport de fibres améliore un peu la résistance à la flexion *R<sub>f</sub>*, mais procure un mode de rupture présentant une résistance à la flexion résiduelle *R<sub>f, res</sub>*, qui n'existe pas sur les formulations sans fibres, même en présence de sable. Le ratio moyen

$R_f / R_{f, \text{res}}$  indique que la résistance résiduelle est de la moitié ou du tiers de la résistance maximale à la flexion, il augmente avec la teneur en sable, il est de 2,13 pour le mélange plâtre-fibres, de 2,27 pour le mélange plâtre-fibres-20 % sable et de 2,90 pour le plâtre-fibres 40 %. Compte tenu des défauts constatés sur les éprouvettes, liés au le mode de fabrication, il est raisonnable de conserver les ordres de grandeur et d'indiquer que la substitution du plâtre par du sable n'altère pas ses performances. Finalement, les composite avec fibres présentent des propriétés intéressantes de « pseudo-ductilité » où les fibres pontent les fissures. En rapprochant ces résultats de ceux de [2], les résistances maximales à la flexion obtenues ici avec les fibres de kenaf sont nettement plus élevées que celles avec les fibres de sisal utilisées par l'auteur. Ce travail pose les bases sur la valorisation des fibres du KénaF au Burkina Faso et montrent déjà des résultats intéressants quant à l'ajout des fibres au plâtre seul ou à un mélange de plâtre sable fibres. En effet les essais de flexion ont montré une amélioration de la ductibilité du pâtre. L'utilisation future de ces matériaux locaux dans la construction serait une bonne alternative dans un contexte de cherté d'un produit tel le plâtre et répondrait à la politique nationale en matière de construction qui encourage l'utilisation de matériaux locaux.

#### 4. Observations de la microstructure des éprouvettes au microscope optique

Des observations au microscope optique numérique 3D (Keyence VHX700) ont été faites sur les faciès de rupture des différentes pannes. Les clichés montrent que les grains de sable sont bien dispersés dans la matrice de plâtre et qu'il semble y avoir moins de pores. Sur la surface de rupture des échantillons de flexion avec des fibres de kénaf, ces dernières semblent être orientées préférentiellement dans le sens de la longueur de l'échantillon perpendiculairement à l'effort de flexion et réparties de manière homogène. Toutefois, il faut noter que la rupture est liée à la trop faible adhérence entre le renfort et la matrice. Les fibres pontent les fissures et contribuent à augmenter légèrement la résistance à la flexion et à modifier le mode de rupture.



**Figure 4 :** Clichés au microscope optique dans le plan de rupture des pannes de chaque formulation

## 5. Conclusion

Il est important de signaler qu'il existe nettement moins de références bibliographiques dans le cas du plâtre renforcé par des fibres végétales, alors qu'il est largement utilisé dans la construction. Les premiers essais réalisés en vue d'un emploi du plâtre à l'intérieur d'un bâtiment prototype à usage domestique sont en accord avec ceux obtenus dans la littérature. On peut en particulier signaler que : La conductivité thermique augmente avec le taux de sable et n'est pas sensible aux 1 % de fibres de kénaf ajouté. Les essais de compression ne montrent pas d'influence notable du taux de sable ou de fibres de kénaf sur le module dynamique ou la résistance à la compression. L'ajout de Kénaf et de sable montrent une influence sur la ductilité du plâtre lors des essais de flexion. Avec 1 % de Kénaf, il apparaît notamment une résistance résiduelle modifiant le type de rupture en flexion. Les observations au microscope optique effectuées sur des faciès de rupture des éprouvettes de flexion montrent que les fibres se répartissent de manière homogène et plutôt sur la longueur des échantillons. Le développement de l'usage de panneaux de plâtre renforcé par des fibres est donc à poursuivre, notamment en ce qui concerne les aspects économiques pour une production plus standardisée et industrielle.

## Remerciements

*L'auteur remercie la Mission de Coopération française à Ouagadougou pour avoir soutenu financièrement la réalisation de ce travail.*

## Références

- [1] - A. LAWANE, R. VINAI, A. PANTET, P. ROSSETTI, J. H. THOMASSIN, *Journal of Materials in Civil Engineering*, © ASCE, ISSN 0899 1561/05014002(8). April 21, (2014)
- [2] - F. B. EBANDA, « Etude des propriétés mécaniques et thermiques du plâtre renforcé de fibres végétales tropicales ». Thèse de Doctorat Université Blaise Pascal Clermont Ferrand, (2012)
- [3] - S. EVE, « Comportement à la prise et caractérisation mécanique de matériaux composites à base de plâtre ». Thèse de Doctorat, université de Caen/Basse Normandie, (2003)
- [4] - A. GMOUH, « Caractérisation physicochimique et comportement mécanique des composites à base de plâtre ». Thèse de Doctorat, Université Hassan II, Ain-Chock, Casablanca, (2001)
- [5] - A SAAIDI, A. PANTET, G. OMONT, XXXIe Rencontres Universitaires de Génie Civil. Orléans, (Mai 2013)
- [6] - Y. DIQUETOU, E. GOURLAY, L. ARNAUD and B. KUREK, *Cement & Concrete Composite*, 55 (2015) 112 - 121
- [7] - Y. MILOGO, J. C MOREL, J. E AUBERT and K GHAVAMI, *Construction and Building Materials*, 52 (2014) 71 - 78
- [8] - E. GEORGES, L MBEL, A. ATANGANA and M. BAKOURA, *Afrique Sciences*, 11(3) (2015) 1 - 9
- [9] - H. DANSO, D. B. MARTINSON, M. ALI, and J. B. WILLIAMS, *Construction and Building Materials*, 101 (2015) 797 - 809
- [10] - R. BUKENYA-ZIRABA, *Fiche de PROTA4U*, (2011)
- [11] - J. SANOU, *Communication*, (2012)
- [12] - M. MERZOUD and M. F. HAITA, *Afrique Sciences*, 04 (2) (2008) 231 - 245
- [13] - N. SABA, M. T. PARIDAH and M. JAWAID, Mechanical properties of kenaf fibre reinforced polymer composite. A review. *Construction and Building Materials*, 76 (2015) 87 - 96
- [14] - Food and Agriculture Organization of the United Nations. « Jute, Kénaf, Abaca, coir and allied fibers ». CCP : JU/HF/ST/2015/1 Statistics, (2015)
- [15] - B. TAALLAH and A. GUETTALA, *Construction and Building Materials*, 104 (2016) 52 - 62

- [16] - G. D. BELTA, V. FLORE, G. GALTIERI, C. BORSELLINO, A. VALENCA, *Construction and Building Materials*, 58 (2014) 159 - 165
- [17] - C. SAWSEN, K. FOUZIA, B. MOHAMED, M. GOMINA, *Construction and Building Materials*, 79 (2015) 229 - 235
- [18] - M. RAMESH, *Progress in materials science*, 78 - 79 (2016) 1 - 92
- [19] - C. SAWSEN, K. FOUZIA, B. MOHAMED, M. GOMINA, *Construction and Building Materials*, 54 (2014) 659 - 664
- [20] - S. CHAFEI, F. KHADRAOUI, M. BOUTOUIL, M. GOMINA, *Construction and Building Materials*, 79 (2015) 229 - 235
- [21] - F. ASDRUBALI, F. D'ALESSANDRO, S. SCHIAVONI, *Sustainable materials and Technologies*, 4 (2015) 1 - 17
- [22] - A. LABOREL-PRENERON, J. E. AUBERT, C. MAGNIONT, C. TRIBOUT, A. BERTRON, *Construction and Building materials*, 111 (2016) 719 - 734