

## Elaboration et Caractérisation Mécanique Quasi statique d'un Composite Stratifié Jute/Polyester

C. Belkacemi<sup>1</sup>, B. Bezzazi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement (URMPE) cité Frantz fanon, 35000 Boumerdès Algérie.

**RESUME** — Les matériaux composites renforcés par des fibres végétales sont en cours de développement, leurs applications sont encore limitées mais ils sont amenés à jouer un rôle dans l'industrie future.

Parmi les fibres naturelles, se trouvent les fibres végétales, matériaux de qualité, qui se fabriquent et se recyclent naturellement sur terre depuis très longtemps (matériaux biodégradables et renouvelables par culture (jute). Dans le but d'avoir un matériau le moins coûteux possible et le plus performant se qu'en intéresse à la caractérisation d'un nouveau matériau composite de type stratifié à matrice de résine polyester et renfort naturel (jute). Ce matériau composite est destiné à être utilisé dans les domaines de la construction et du transport. A l'heure actuelle, un certain nombre d'équipes de chercheurs caractérisent plusieurs types de fibres naturelles afin de faciliter leur introduction dans les matrices thermodurcissables pour la fabrication des matériaux composites. Avant l'élaboration des stratifiées nous avons caractérisé le jute par l'essai de traction après nous avons élaboré ces stratifiées sous vide, ces derniers sont découpées selon les normes.

**Mots clés** : Jute, résine polyester, composite, stratifiés.

### 1. Introduction:

Les fibres utilisées comme renfort dans les matériaux composites à matrice polymère sont principalement des fibres synthétiques comme les fibres de carbone ou de verre. Ces fibres présentent de très bonnes propriétés mécaniques et géométriques. Cependant d'autres fibres peuvent être utilisées comme les fibres végétales qui présentent des propriétés mécaniques, physiques et chimiques intéressantes ainsi que des avantages économiques et environnementaux certains [1-3]. Parmi les fibres végétales couramment utilisées, celles issues de la plante de jute présentent de bonnes propriétés mécaniques.

### 2. Présentation des matériaux

Matériaux constituant le stratifié polyester : Les matériaux d'étude sont des matériaux composites à base d'une résine thermodurcissable, (Polyester) et de renfort en fibre tissée de jute.

#### 2.1 Les résines

Les résines thermodurcissables de type polyester sont les plus anciennes et les moins chères. Elles sont les plus répandues dans la fabrication de pièces en matériaux composites et rentrent dans la fabrication de 95% des composites thermodurcissables renforcés. Lors de leur fabrication, elles sont généralement additionnées de 30% à 40% de solvant pour écarter les chaînes du pré polymère.

Cette opération leur permet de durer longtemps dans un état liquide et les entreposer pour une période de temps déterminée.

C'est au moment de son emploi que l'on ajoute un accélérateur et catalyseur suivant une séquence bien déterminée et pour des raisons bien précises que l'on verra un peu plus loin dans cet article. Elles sont souvent associées au verre dans les pièces composites. Il s'agit en général de composites à faible coût (Coût matière de l'ordre de 400-500 Dinars le kilo).

Ces résines sont dites insaturées, c'est à dire que leurs chaînes moléculaires laissent apparaître des doubles liaisons susceptibles de permettre par la suite d'autres assemblages.

Les composites à matrice polyester sont utilisés principalement pour des applications grand public : Fabrication de piscines, de bateaux, de cuves...

#### 2.2 Le Jute.

Le jute est une plante des régions tropicales (genre *Corchorus*) appartenant à la famille Tiliacées. La tige atteint une hauteur de 4 à 6m avec un diamètre d'environ 3 cm. Le jute pousse essentiellement au Bangladesh qui détient un quasi-monopole de son commerce. Il en existe deux variétés (une blanche et une rouge), ce qui exige un triage préalable avant l'utilisation. La fibre ultime est très courte et très lignifiée. L'extraction de la fibre est obtenue par rouissage et décorticage. Après le rouissage, on détache la fibre, on nettoie la filasse et on rince à l'eau [5], [6].

---

**Corresponding author: BELKACEMI C.**

Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement (URMPE) cité Frantz fanon, 35000 Boumerdès Algérie

Email: [belkacemicherifa@yahoo.fr](mailto:belkacemicherifa@yahoo.fr)



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig.1:(a, b, c, d) de la plante au tissu de jute

### 3. Propriétés usuelles des fibres végétales

Le tableau 1 présente, pour différentes fibres végétales, le pourcentage de cellulose, l'angle micro fibrillaire, les dimensions des fibres et le rapport d'aspect L/d (longueur/diamètre) .

Tableau 1 – Composition et propriétés de la fibre végétale jute.

<i>Nature des fibres</i>	<i>% de la cellulose</i>	<i>Angle micro fibrillaire (degrés)</i>
Jute	61 – 71	8

Tableau 1bis

<i>Diamètre (µm)</i>	<i>Longueur (mm)</i>	<i>Rapport l / d</i>
25 – 200	–	110

### 3.1 Etude du comportement mécanique du renfort.

Avant l'élaboration des stratifiés nous avons procédé à la caractérisation des fibres de renfort utilisé qui est le jute. Cette caractérisation consiste a des essais de traction réalisés au niveau de l' Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement (URMPE) de l'Université de Boumerdes, ainsi que la mesure des poids et des densités en chaîne et en trame effectuées au niveau du laboratoire textiles de (CNTC) de Boumerdes .Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

### 3.1 Etude du comportement mécanique du renfort.

Avant l'élaboration des stratifiés nous avons procédé à la caractérisation des fibres de renfort utilisé qui est le jute. Cette caractérisation consiste a des essais de traction réalisés au niveau de l' Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement (URMPE) de l'Université de Boumerdes, ainsi que la mesure des poids et des densités en chaîne et en trame effectuées au niveau du laboratoire textiles de (CNTC) de Boumerdes .Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Propriétés physiques de jute.

<i>Echantillons</i>	<i>Poids au m2 (g/m2)</i>	<i>Densité en chaîne (fil/10cm)</i>	<i>Densité en trame (fil/10cm)</i>
Jute	418	60	60

### 3.2. Caractérisation du tissu de jute

Le tissu de jute présente une forme architecturale bi-axiale. Cette forme assure une perméabilité qui joue un rôle important pour faciliter l'écoulement de la résine à travers le renfort.

### 3.3. Essais de traction du fil de jute:

L'essai de traction de la fibre de jute est effectué selon la norme ISO 5079:1995 sur une machine universelle de type Zwick 10 kN piloté par ordinateur (logiciel testXpert V 9.0) avec une vitesse d'essai de 2 mm/min.

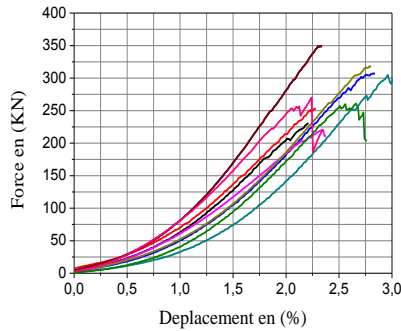
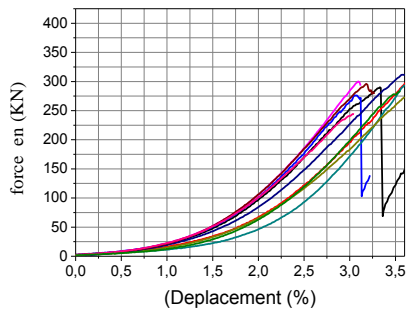


Fig. 2. Courbes de traction sens chaîne



Courbes de traction sens trame

### 3.3.1. Fabrication des éprouvettes

#### Essai de traction:

Les essais de traction des échantillons de tissu de jute sont effectués sur une machine universelle Zwick de type Z250/SN5A dotée d'un capteur de force de 2,5 kN. Elle est pilotée par ordinateur (Logiciel TestXpert V12.0).

Les éprouvettes utilisées pour la traction ont des dimensions conformes à la norme AFNOR NF T 57-105 équivalent à la norme ASTM D 790-84a.

Les dimensions moyennes des éprouvettes sont données dans le tableau 3.

Tableau 3. : Dimensions des éprouvettes en (mm).

Longueur totale $L$	Longueur entre mâchoires $l$	Epaisseur $h$	Largeur $b$
250	150	0.87-0.97	50

### 3.3.2. Dispositif d'essai

Ces essais sont effectués sur une machine universelle de type Zwick 10 kN piloté par ordinateur (logiciel testXpert V 9.0) avec une vitesse d'essai de 2 mm/min et équipé d'un capteur de force de 2.5 kN

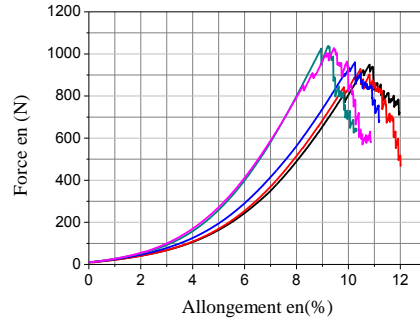


Figure 4.: Evolution de la force en fonction du déplacement pour la fibre de jute à 0°.

### 3.3.4 Interprétation :

Tableau 4. : Valeurs moyennes de la force maximale, module d'élasticité et de la déformation.

Variante	$F_{max}$ (N)	$E$ (MPa)	$\epsilon$ (%)
Jute			
Moy	958.68	32	8.39

Les courbes obtenues montrent une variation force allongement qui se déroule en trois étapes : linéaire puis non linéaire passant par la force maximale suivie d'une légère diminution de la force et enfin la rupture totale et obtenue suite à une chute très rapide de celle-ci.

## 4. Stratifiés

### 4.1. Procédé d'élaboration des stratifiés :

L'élaboration du stratifié jute/polyester est réalisée par la méthode sous vide (Fig.5.). le tissu est préparé et découpé déjà aux dimensions 300x300mm.

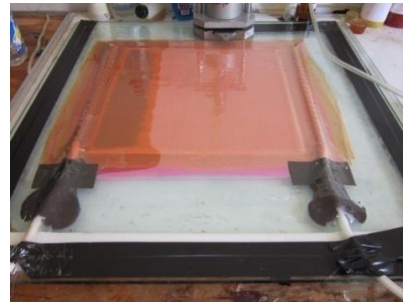


Fig. 5. : Elaboration de stratifié par la méthode sous vide ( dite 'par infusion').

Une fois la plaque réalisée, elle est mise dans une étuve à 80 °C pendant une durée de 8 heures pour permettre sa polymérisation.

Pour subir des essais statiques, la plaque de stratifié est découpé suivant la norme NF EN

ISO 527-1 relative aux tests de traction. Cette découpe est réalisée avec une scie en diamant.

**4.2. Elaboration des éprouvettes de stratifiés**

Les plaques sont coupées à l'aide d'une tronçonneuse à disque diamanté et lubrifié.

Les dimensions moyennes des éprouvettes sont données dans le tableau 5.

Tableau 5. : Dimensions des éprouvettes en (mm).

Jute	Longueur totale	Longueur entre outillage
Traction	250 ± 1	150 ± 1

**4.3. Essais de traction**

Pour l'identification des propriétés mécaniques du stratifié jute/époxy (modules d'Young, contraintes maximale et contraintes de rupture), des essais de traction sont réalisés suivant la norme EN ISO 527-5. Les essais de traction sont effectués sur des éprouvettes de dimensions 250 x 50 x 2.5 mm munies de talons.

**Dispositif expérimental**

Les essais de traction sont effectués sur la même machine universelle Zwick de type Z250/SN5A que par avant.

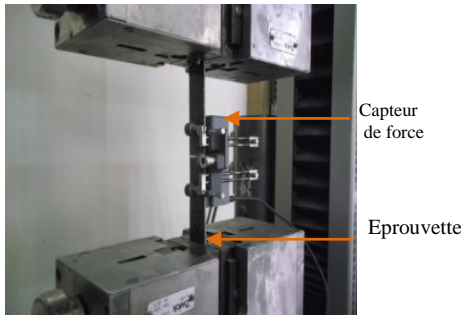


Figure 6. Essai de traction

**4. 4. Résultats et discussions**

La figure (fig.7) suivante représente l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation longitudinale pour le stratifiée jute/polyester, laquelle montre une faible fluctuation entre les différentes éprouvettes ce qui traduit l'homogénéité du matériau élaboré. Nous constatons que la contrainte varie de manière linéaire (zone élastique) jusqu'à une valeur autour de 3885 MPa avec un allongement de 2.08 %

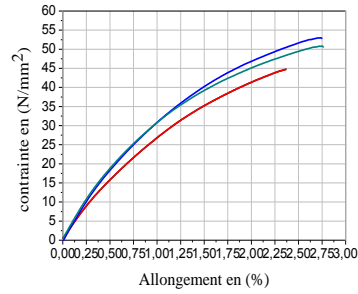


Figure 7.traction des stratifiées

Les caractéristiques mécaniques du matériau composite stratifiée jute/ polyester sont regroupées dans le tableau (6) :

Tableau 6. Caractéristiques mécaniques moyennes du stratifié élaboré..

Stratifié Jute/poly	E [MPa]	σmax [MPa]
	32	47

Tableau 6 bis

ε max [%]	σrup [MPa]	ε rup [%]
2.08	3500	2.50

On observe que les courbes de traction (Fig.7) se composent de deux parties linéaires. Le module d'Young est calculé sur la première partie de la réponse.

Cependant la deuxième linéarité représente le comportement jusqu'à rupture.

**5. Conclusions et perspectives**

Les essais réalisés sur les composites stratifiées renforcés par la fibre de jute utilise, montrent que les caractéristiques mécaniques de ces derniers présentent des propriétés intéressantes tel que module d'élasticité (E qui est de 32 MPa), la contrainte maximale (σ max de 47 [MPa]), suivi par un allongement de 2.08%.avec un allongement de rupture allant à 2.50%

Les fibres naturelles présentent de nombreux avantages par rapport aux fibres synthétiques (faible coût, ressource renouvelable, biodégradabilité, propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)). En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel tels que, la méthode de mise en œuvre difficilement reproductible (non industrielle, des propriétés physiques non reproductibles, la quantité et la qualité des fibres dépendent de l'environnement et de l'humidité ainsi actuellement ces fibres sont en cours de développement.

Après les essais réalisés sur les composites stratifiés renforcés par la fibre de jute, on peut conclure que les caractéristiques mécaniques de ces derniers sont intéressantes mais elles restent inférieures par rapport aux stratifiés renforcés par la fibre de verre.

## Références

- [1] Le Duigou A, Davies P, Baley C. « Interfacial bonding of flax fiber/poly(L-lactide) bio-composites ». *Composites. Science and Technology*. Vol. 70, pp. 231-239, 2010.
- [2] Wambua P, Ivens J, Verpoest I. « Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics ». *Composites. Science and Technology*; Vol. 63, pp. 1259–1264, 2003.
- [3] A Le Duigou, I Pillin, A Bourmaud, P Davies, C Baley. « Effect of recycling on mechanical behaviour of biocompostable flax/poly(L-lactide) composites ». *Composites: Part A*. Vol. 39, pp. 1471–1478, 2008. *Comptes Rendus des JNC 17 - Poitiers 2011*
- [4] A Bourmaud, C Baley. « Investigations on the recycling of hemp and sisal fibre reinforced polypropylene composites ». *Polymer Degradation and Stability*. Vol. 92, pp. 1034-1045, 2007.
- [5] Placet v. « Characterization of the thermo-mechanical behaviour of Hemp fibres intended for the manufacturing of high performance composites ». *Composites: Part A* Vol. 40, pp. 1111–1118, 2009.
- [6] FA Silva, N Chawla, RDT Filho. « An experimental investigation of the fatigue behavior of sisal fibers ». *Materials Science and Engineering A*. Vol. 516, pp. 90–95, 2009.
- [7] C Baley. « Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase ». *Composites: Part A*. Vol. 33, pp. 939-948, 2002.
- [8] K Chalet, JP Jernot, J Breard, M Gomina. « Scattering of morphological and mechanical properties of flax fibres ». *Industrial Crops and Products*. 2010.
- [9] J Gassan. « A study of fibre and interface parameters affecting the fatigue behaviour of natural fibre composites ». *Composites : Part A*, Vol. 33, pp. 369-374, 2002.