

# Renforcement de la structure du Béton de Terre Comprimé (BTC) par insertion des fibres

Nambinina Richard Randriana \*(1), Haritiana Jeannelle Rakotoniriana (1), Heriniaina Rabetafika (1), Jean de Dieu Ramaroson (2), Lala Andrianaivo (1), Frédéric Randrianarivelo (1), Tiana Richard Randriamalala (3).

(1) Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure Polytechnique, BP 1500 Antananarivo 101 Madagascar

(2) Centre National de Recherches Industrielle et Technologique, Département Matériaux et Génie Civil, BP 6294, Antananarivo 101 Madagascar.

(3) Laboratoire National des Travaux Publics et des Bâtiments, Département Recherche et Matériaux, B.P. 1151, Antananarivo 101 Madagascar.

\*auteur correspondant, email : richardrandriana@yahoo.fr

## Résumé

Nous avons utilisé les fibres cellulosiques issues de la paille de riz, de la bagasse de canne à sucre et du bambou pour servir de liant renforçant la structure des matériaux stabilisés. Les résultats des hydrolyses successives (à l'acide nitrique dilué, puis, à la soude diluée) montrent que les fibres cellulosiques représentent près de 38,59 % de la matière sèche de la paille de riz, près de 48,89 % pour le bambou et 43,02 % pour la bagasse de canne à sucre.

Quant à la résistance à la flexion, non seulement l'incorporation des fibres augmente la résistance à la flexion sèche des éprouvettes, mais cette résistance s'améliore encore au cours du temps. Ainsi, pour le cas des fibres de la paille de riz, le maximum de la résistance passe de 1,72 à 2,65MPa du 28<sup>ème</sup> jour au 60<sup>ème</sup> jour, il en est de même pour les fibres de bambou à savoir de 2,23 à 3,24MPa et ainsi que de 1,68 à 2,73MPa pour les fibres de la bagasse. Donc, une des applications envisageable serait d'utiliser ces matériaux dans les régions à haut risque sismique où les résistances à la flexion des matériaux sont très sollicitées.

Mots clés : Paille de riz, bambou, bagasse, fibres cellulosiques, résistance à la flexion

## 1. INTRODUCTION

Madagascar, comme de nombreux pays en développement, il demeure confronté à un problème crucial du logement économique. Cette crise de l'habitat économique d'une telle ampleur nécessite d'urgence de nouvelles solutions, ainsi les techniciens doivent utiliser aux mieux les ressources locales, notamment la latérite et les fibres cellulosiques. La latérite est une matière première abondante, omniprésente dans toutes les régions de l'île de Madagascar. Les fibres cellulosiques sont également nombreuses comme celles obtenues à partir de la paille de riz, la bagasse de canne à sucre et les résidus des tiges de bambou. Utilisée depuis la nuit des temps par les hommes, sous différentes

techniques en matériau de construction, la terre crue continue à être couramment utilisée : On estime qu'entre un tiers et la moitié de la population mondiale vit encore dans les habitats en terre. Comme la plupart des matériaux, lorsque les charges appliquées au matériau de terre s'approchent de la charge de rupture, les fissures se propagent, parfois rapidement. Donc, il est capital de connaître si l'insertion des fibres cellulosiques dans matériaux stabilisés de latérite pourrait-elle améliorer la propriété mécanique desdits matériaux ? Ainsi, les objectifs de ce travail sont donc :

- Elaborer des matériaux de construction locaux à coût intermédiaire accessible à la couche moyenne.
- Etudier les résistances à la flexion des éprouvettes en latérite, stabilisées par addition des fibres cellulosiques issues de la paille de riz, de la bagasse de canne à sucre et du bambou.

## 2. MATERIELS

### 2.1. La latérite

#### 2.1.1. Lieu d'extraction

La latérite est extraite dans le district d'Ambohidratrimo, d'élévation 1298m, à environ 1m de profondeur dans un lieu peu fréquenté, de coordonnées géographiques : Latitude : 18° 48' 48'' et Longitude : 47° 25' 29''. Elle est séchée pendant une semaine à la température ambiante avant les tests.

#### 2.1.2. Analyse minéralogique des latérites d'Ambohidratrimo

L'analyse chimique effectuée permet d'établir que l'échantillon de latérite d'Ambohidratrimo est constitué de la Kaolinite, du Quartz, d'Oxyde de Fer, d'eau et d'Oxyde de Titane (Tableau 1).

Tableau 01 : Résultats des analyses minéralogiques des latérites d'Ambohidratrimo.

Kaolinite (%)	Quartz (%)	Oxyde de fer (%)	Eau (%)	Oxyde de titane (%)
72,00	11,15	7,40	5,00	2,60

#### 2.1.3. La granulométrie

La granulométrie a été déterminée en emboîtant les tamis AFNOR (Association Française de Normalisation) de maille d'ouverture 100 µm ; 90 µm ; 80 µm, 71 µm, 63 µm et 50 µm dans cet ordre. Après tamisage, nous avons pesé les différentes fractions retenues. La courbe granulométrique est ainsi représentée par la figure 01.

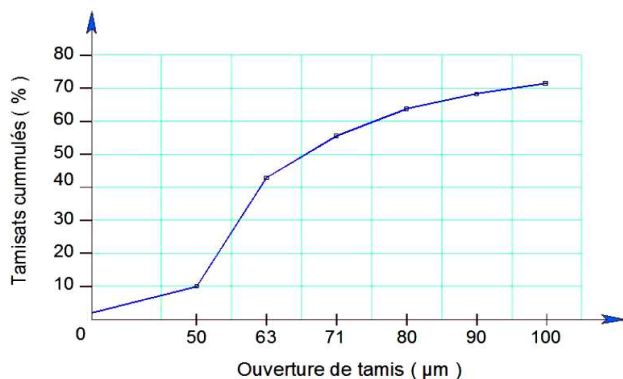


Figure 01: Courbe granulométrique de la latérite d'Ambohidratrimo

Le résultat a montré que 64% sont des éléments inférieurs à 80 µm : ce type de latérite a une granulométrie fine (excès de particules fines).

#### 2.1.4. Les limites d'ATTERBERG

D'après les essais effectués, Nous avons déterminé les paramètres suivants : limite de liquidité :  $W_L = 34\%$ ,  
 Limite de plasticité :  $W_p = 22\%$  et Indice de plasticité :  $I_p = 12\%$ .  
 La latérite d'Ambohidratrimo est moyennement plastique ( $5 < I_p < 15$ ).

#### 2.1.5. La compressibilité

La teneur en eau optimale, obtenue par l'essai Proctor, de la latérite d'Ambohidratrimo est  $W_{OP} = 16,2\%$  et la densité maximale sèche est  $\gamma_{d op} = 18,2 \text{ kN/m}^3$ . Selon la classification adoptée par (Houben H et Guillaume, 1989), la latérite d'Ambohidratrimo est classée dans le groupe excellent (plus facile à stabiliser) dans la construction de briques de terre stabilisées.

## 2.2. Les matières premières fibreuses

Chimiquement, la matière première végétale (bois et résidus végétaux) est essentiellement constituée de trois substances typiques, à savoir la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Elle contient également des matières minérales mais en plus faible quantité (Gérard M, 1964 ; Gret, 1979).

### 2.2.1. Le riz

Présentation

Classification

Règne : Végétale  
 Division : Magnoliophyta  
 Classe : Liliopsida

Sous-classe : Commelinidae  
 Ordre : Cyperales  
 Famille : Poaceae

Genre : *Oryza*  
 Espèce : *Sativa*

Le riz est une plante annuelle glabre à chaume (tige) dressé ou étalé de hauteur variable, allant de moins d'un mètre jusqu'à cinq mètres pour les riz flottants. C'est une plante prédisposée au tallage, formant un bouquet de tiges, à racines fasciculées. Chimiquement, la paille de riz est essentiellement constituée de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine. La cellulose est le constituant structural le plus abondant (32 à 47% du poids sec du fourrage). Physiquement, la paille de riz a une structure fibreuse (fr.wikipedia.org/wiki/Riz).

### 2.2.2. Le bambou

Présentation

Classification

Règne : Végétale  
 Division : Magnoliophyta  
 Classe : Liliopsida  
 Sous-classe : Commelinidae  
 Ordre : Cyperales  
 Famille : Poaceae  
 Genre : *Bambusa*  
 Espèce : *henonis*

Les bambous sont des plantes monocotylédones, caractérisés par des tiges formées d'un chaume creux lignifié à croissance très rapide. Suivant l'endroit où ils poussent, la nature du terrain, le climat, l'altitude, ils peuvent être très différents de taille, de forme, voire de couleur (fr.wikipedia.org/wiki/Bambou).

### 2.2.3. La canne à sucre

Présentation de la plante et de la bagasse

La canne à sucre est une grande graminée tropicale herbacée à port de roseau, d'une hauteur allant de 2,5 à 6m. Les tiges, d'un diamètre de 1,5 à 6cm, sont pleines (contrairement à la plupart des autres graminées, la moelle ne se résorbe pas). Les feuilles alternes sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1m de long environ sur 2 à 10cm de large. La bagasse est le résidu fibreux de la canne à sucre qu'on a passée par le moulin pour en tirer le suc. Elle est composée principalement de la cellulose de la plante (fr.wikipedia.org/wiki/Canne à sucre).

#### Classification

Règne : Végétale  
Division : Magnoliophyta  
Famille : Poaceae  
Sous-famille : Panicoideae  
Tribus : Andropogoneae  
Classe : Liliopsida  
Genre : Saccharum  
Espèce : Offinarum

### 3. METHODES

#### 3.1. Préparation des fibres

##### 3.1.1. Récolte des matières premières

Les matières premières fibreuses (paille de riz, bambou, et bagasse de canne à sucre) sont toutes récoltées dans le district d'Ambohidratrimo, leurs tiges sont, lavées, séchées, et découpées en petits morceaux de 1cm avant d'utilisation.

##### 3.1.2. Matériels et produits chimiques

- Cuve de cuisson,
- Agitateur,
- bain thermostaté,
- pH mètre.
- Solutions d'acide nitrique et de soude à faible concentration,
- Eau distillée.

##### 3.1.3. Obtention des fibres

Les fibres cellulosiques ont été obtenues par la méthode de mise en pâte. Cette méthode s'opère en deux parties : La cuisson et le lavage. La cuisson est l'opération la plus importante, sa fonction est d'effectuer une libération des fibres cellulosiques en solubilisant la lignine et l'hémicellulose. Elle se fait en deux étapes :

- L'hydrolyse en milieu acide dilué et à chaud.
- L'hydrolyse en milieu basique dilué et à chaud (Gret, 1979 ; Scriban R., 1984)

##### 3.1.4. Optimisation de l'hydrolyse acide

. Dans une série de 10 béchers : E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, ..., E<sub>10</sub> ; mettre 10g d'une matière première préalablement séchée et 20ml d'une solution d'acide nitrique à 2,5 %.

. Faire chauffer les béchers au bain - marie bouillant. Remuer de temps en temps le contenu de chaque bécher et noter l'heure.

. Au bout de 30mn retirer le contenu du bécher E<sub>1</sub>, le laver et le sécher dans une l'étuve 105°C pendant 24h avant de le peser sur une balance de précision.

. Effectuer la même opération au bout de :

- 1 heure (60mn) pour le bécher E<sub>2</sub>.
- 1 heure 30 minutes (90mn) pour le bécher E<sub>3</sub>.
- 2 heures (120mn) pour le bécher E<sub>4</sub>.
- 2 heures 30 minutes (150mn) pour le bécher E<sub>5</sub>.
- 3 heures (180mn) pour le bécher E<sub>6</sub>.
- 3 heures 30 minutes (210mn) pour le bécher E<sub>7</sub>.
- 4 heures (240mn) pour le bécher E<sub>8</sub>.
- 4 heures 30 minutes (270mn) pour le bécher E<sub>9</sub>.
- 5 heures (300mn) pour le bécher E<sub>10</sub>.

. Enfin, refaire toutes les opérations avec une solution d'acide nitrique à 5%, 7,5% et à 10%.

#### Expression des résultats

L'extraction de l'hémicellulose conduit à une perte de poids au niveau de la matière première: La masse perdue représente la masse de l'hémicellulose solubilisée.

Les résultats sont groupés dans des tableaux qui représentent les pertes en poids de la matière première fibreuse et permettent de déterminer les conditions optimales de l'hydrolyse acide de l'hémicellulose.

Nous retenons les conditions optimales de l'hydrolyse acide suivantes :

- 30 minutes de cuisson dans une solution d'acide nitrique à 10% pour la paille de riz.
- 2 heures 30 minutes de cuisson dans une solution d'acide nitrique à 10% pour la bagasse de canne à sucre.
- 3 heures de cuisson dans une solution d'acide nitrique à 10% pour le bambou.

##### 3.1.5. Optimisation de l'hydrolyse à soude diluée et à chaud

Le traitement à soude diluée a pour but de solubiliser la totalité de la lignine. A l'issue de ce traitement, le résidu solide ( sous forme de pâte et appelé hydrolysats 2 ) ne renferme que la fibre cellulosoique (Boussarsar H., 2008 ; Scriban R.1984) .

#### a - Méthode expérimentale

- Dans une série de 5 béchers : E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub> et E<sub>5</sub> ; mettre 5g de l'hydrolysats 1 ( résidu obtenu par l'hydrolyse acide nitrique dans des conditions optimales ) et 20ml d'une solution de NaOH à 1 %.
- Faire chauffer les béchers au bain - marie bouillant. Remuer de temps en temps le contenu de chaque bécher et noter l'heure.
- Au bout de 30mn retirer le contenu du bécher E<sub>1</sub>, le laver sur un tamis d'ouverture 0,2mm, sécher le tamisât à l'étuve 105°C pendant 24h avant de le peser sur une balance de précision (Salgarolo P., 1990)
- Effectuer la même opération au bout de :
- 1 heure (60mn) pour le bécher E<sub>2</sub>.

- 1 heure 30 minutes (90mn) pour le bécher E<sub>3</sub>.
- 2 heures (120mn) pour le bécher E<sub>4</sub>.
- 2 heures 30 minutes (150mn) pour le bécher E<sub>5</sub>.
- Enfin, refaire toutes les opérations avec une solution de soude à 2%, 3% et à 4%.

#### Expression des résultats

L'extraction de la lignine conduit à une perte de poids au niveau de l'hydrolysate 1: La masse perdue représente la masse de la lignine solubilisée.

.Nous retenons les valeurs optimales suivantes pour l'hydrolyse à soude :

- Pour la paille de riz, cuisson pendant 1heure dans une solution de soude à 1%.
- Pour le bambou, cuisson pendant 1heure 30 minutes dans une solution de soude à 2%.
- Pour la bagasse, cuisson pendant 1 heure dans une solution de soude à 1%.

#### 3.1.6. Le lavage

Une fois la cuisson est terminée, nous obtenons des fibres (sous forme de pâte), on rince abondamment ces fibres dans l'eau distillée jusqu'à pH neutre : La fonction de ce lavage est de séparer les fibres des eaux résiduelles contenant les matières à rejeter. Ces fibres obtenues sont séchées, analysées (pour déterminer la teneur en cendres) et conservées dans un endroit sec avant l'utilisation (Gret, 1979).

### 3.2. Détermination de la teneur en fibres celluloseuses

#### 3.2.1. Teneur en cendres dans la pâte sèche

##### Principe

La teneur en cendres est la partie restante après calcination de la pâte sèche dans un four à 600°C pendant 3heures. A partir de cette teneur en cendres nous pouvons calculer la teneur exacte des fibres celluloseuses dans la pâte sèche et dans la matière première fibreuse.

##### Mode opératoire

- Peser un échantillon de la pâte de fibres.
- Sécher l'échantillon dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant.
- Introduire la pâte sèche dans un creuset sec et placer l'ensemble dans un four à 600°C pendant 3 heures.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, peser les cendres obtenues.

#### Calcul de la teneur en cendres

La teneur en cendres dans la pâte sèche est calculée de la manière suivante ( Bakam A, Kor N, 2004 ; Salgarolo P, 1990 ; Scriban R , 1984) :

$$T_c = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

Avec : T<sub>c</sub>: teneur en cendres (%)

M<sub>0</sub>: masse du creuset(g)

M<sub>1</sub> : masse du creuset + pâte sèche

(g)

M<sub>2</sub> : masse du creuset + cendre (g)

#### 3.2.2. Teneur en fibres celluloseuses de la pâte sèche

La teneur en fibres celluloseuses de la pâte sèche est calculée par la

$$\text{formule : } T_{fp} = \frac{M_{ps} - M_c}{M_{ps}} \times 100$$

Avec :T<sub>fp</sub>: teneur en fibres celluloseuses dans la pâte sèche (%)

M<sub>c</sub> : masse des cendres (g)

M<sub>ps</sub> : masse de la pâte sèche (g)

#### 3.2.3. Teneur en fibres celluloseuses dans la matière première

La teneur en fibres celluloseuses dans la matière première sèche est donnée par :

$$T_{fm} = \frac{M_{ps} - M_c}{M_{mp}} \times 100$$

Avec : T<sub>fm</sub>: teneur en fibres celluloseuses dans la matière première(%)

M<sub>ps</sub> : masse de la pâte sèche (g)

M<sub>c</sub> : masse des cendres (g)

M<sub>mp</sub> : masse de la matière première sèche (g)

#### 3.2.4. Présentation des résultats

Les résultats mentionnés dans le tableau ci - dessous sont obtenus par 100g de la matière première fibreuse sèche. Chaque expérience a été répétée au moins trois fois, ainsi les valeurs données dans le tableau 02 sont les moyennes des résultats.

Tableau 02 : Teneur en fibres celluloseuses de la matière première fibreuse

Matière première	Masse de la pâte sèche (g)	Masse des cendres (g)	Teneur en fibres celluloseuses de la pâte sèche (%)	Teneur en fibres celluloseuses de la matière première sèche (%)

Bambou	51,14	2,25	95,60	48,89
Paille de riz	54,67	16,08	70,58	38,59
Bagasse de canne à sucre	46,31	3,69	92,10	43,02

Nous remarquons que le bambou a la teneur la plus élevée en cellulose (48,89%) relativement élevée par rapport à celle présentée par la bibliographie. En résumé, l'abondance des fibres cellulosiques d'une plante dépend de sa qualité, de l'endroit où elle pousse, du climat...



Figure 02: Fibres cellulosiques après séchage à l'étuve 105°C

### 3.3 Confection et caractérisation des éprouvettes

L'organigramme (Figure 3) a été adopté dans les étapes de la confection et de caractérisation des éprouvettes.

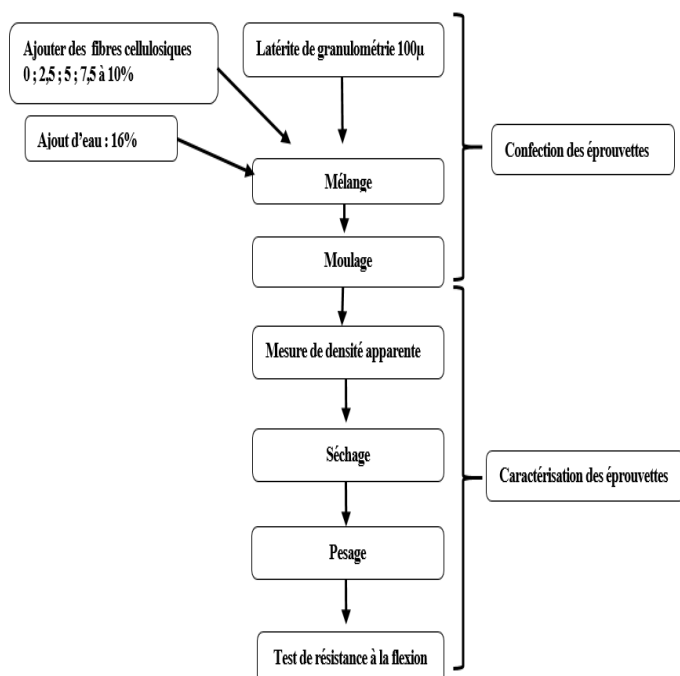


Figure 03: Organigramme de la confection et caractérisation des éprouvettes.

#### 3.3.1. Conditions de moulage : Forme des éprouvettes et force de compactage

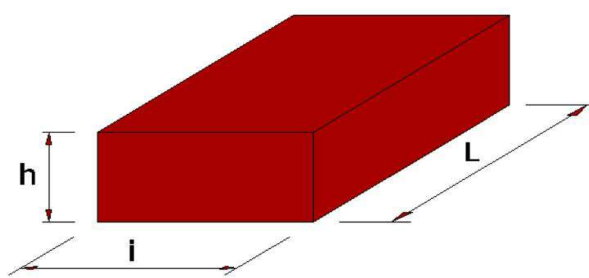
La confection des éprouvettes se réalise à l'aide d'un moule parallélépipédique de dimensions intérieures : Longueur  $L=8$  cm ; largeur  $l=4$  cm et la hauteur  $h=5$  cm (Bakam A, Kor N., 2004). Le compactage s'effectue avec la machine multifonctionnelle du type Testwell réglée à la force de compactage : 5000 daN et la hauteur moyenne des éprouvettes obtenues : 2cm

#### 3.3.2. Teneur en eau optimale du moulage

La résistance des éprouvettes est en relation directe avec leur densité sèche : plus élevée sera-t-elle, meilleure sera la résistance (Laurent G, 1985). Donc, le but de l'essai est de chercher la teneur en eau optimale correspondant à une densité sèche maximale. Pour chercher la teneur en eau optimale, nous avons réalisé plusieurs éprouvettes avec des teneurs en eau différentes. La teneur en eau optimale est celle qui permet de fabriquer l'éprouvette qui a la plus grande densité sèche, nous avons pu trouver que la teneur en eau optimale de l'éprouvette à différents pourcentages de fibres est de 16 %.

#### 3.3.3. Test de résistance à la flexion

Cet essai consiste à déterminer la résistance à la flexion des éprouvettes. L'essai se fait sur l'éprouvette parallélépipédique (Figure 3) reposant sur deux appuis parallèles A et B (Figure 4); on applique au milieu une charge  $F$  que l'on fait croître graduellement jusqu'à la rupture qui se produit au milieu de l'éprouvette.



Dimensions moyennes :  $h$  (hauteur) = 2 cm  
 $l$  (largeur) = 4 cm ;  $L$  (longueur) = 8 cm

Figure 03 : Schéma simplifié d'une éprouvette parallélépipédique

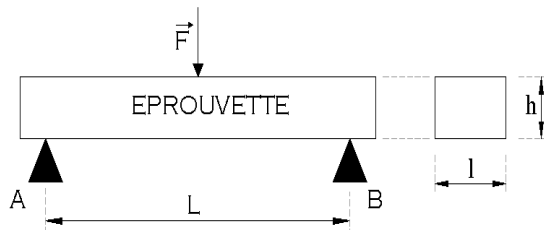


Figure 10: Eprouvette parallélépipédique sollicitée à la flexion

### 3.3.4. Expression des résultats

On note la force appliquée à la rupture (lecture sur le cadran en daN). La résistance à la flexion simple  $R_f$  est définie par (Larralde J-P, 1990) et par (Stepine P., 1986) :

$$R_f = \frac{3.F.L}{2.l.h^2}$$

- Avec :  $R_f$  : résistance à la flexion (MPa)
- F : Force maximale appliquée (daN)
- L : Distance entre les deux appuis (mm)
- l : Largeur de l'éprouvette (mm)
- h : Hauteur de l'éprouvette (mm)

## 4. RESULTATS

### 4.1. Résistance à la flexion au 28<sup>ème</sup> jour

Les valeurs de la résistance à la flexion dans les tableaux 03 et 04 sont les moyennes de 7 éprouvettes.

Tableau 03 : Résultats de la résistance à la flexion au 28<sup>ème</sup> jour

Teneur en fibres (%)	Résistance à la flexion au 28 <sup>ème</sup> jour (MPa)		
	Paille de riz	Bambou	Bagasse de canne à sucre
0	1,29	1,29	1,29
2,5	1,38	1,77	1,46
5	1,45	2,23	1,53
7,5	1,72	1,75	1,68
10	1,41	1,63	1,49

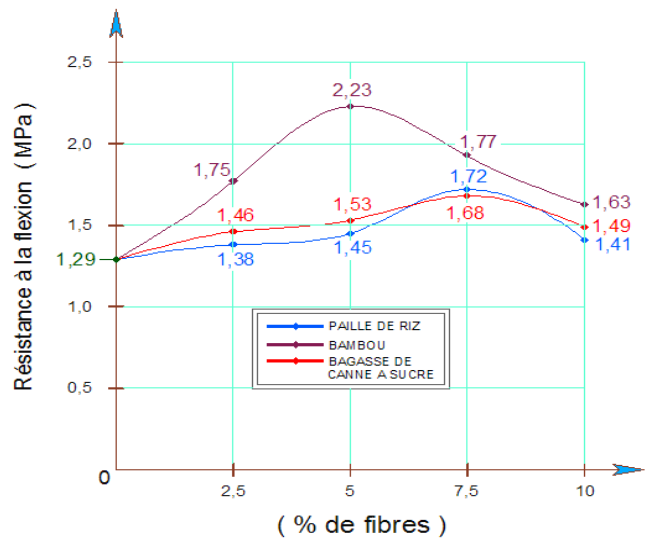


Figure 04: Résistance à la flexion à l'échéance de 28 jours, en fonction de la teneur en fibres.

### 4.2. Résultats au 60<sup>ème</sup> jour

Les résultats sont présentés dans le tableau 4 et la figure 5.

Tableau 04: Résultats de la résistance à la flexion sèche au 60<sup>ème</sup> jour.

Teneur en fibres (%)	Résistance à la flexion sèche au 60 <sup>ème</sup> jour (MPa)		
	Paille de riz	Bambou	Bagasse de canne à sucre
0	1,80	1,80	1,80
2,5	1,96	2,11	2,05
5	2,26	3,24	2,48
7,5	2,65	2,87	2,73
10	2,40	2,69	2,52

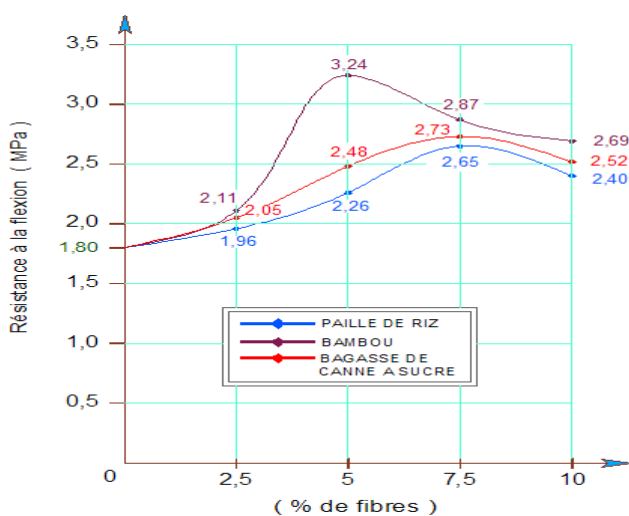


Figure 05: Résistance à la flexion à l'échéance de 60 jours, en fonction de la teneur en fibres.

## 5. ANALYSES ET INTERPRETATIONS

Les résultats obtenus montrent que l'ajout de fibres améliore la résistance à la flexion des éprouvettes. Si la résistance des éprouvettes sans fibres est de 1,29MPa, elle passe jusqu'à 1,72MPa pour les fibres cellulosiques issues de la paille de riz, jusqu'à 2,23MPa pour les fibres du bambou et de 1,68MPa pour la bagasse de canne à sucre.

Cependant, des résultats inattendus sont observés : l'augmentation de la résistance à la flexion ne dépend pas de l'accroissement de la teneur en fibres, ainsi :

- Pour le cas des fibres de la paille de riz, la résistance à la flexion à sec croît de 1,38 à 1,72MPa quand on augmente la teneur en fibres de 2,5 à 7,5 %, ensuite, elle décroît de 1,72 à 1,41MPa quand la teneur en fibres croît de 7,5 à 10 %.
- Quant aux fibres de bambou, la résistance à la flexion sèche monte de 1,77 à 2,23MPa pour une teneur en fibres de 2,5 à 5 %, ensuite, elle diminue de 2,23 à 1,63MPa lorsque la teneur en fibres passe de 5 à 10 %.
- Enfin, pour les fibres de la bagasse, la résistance à la flexion sèche passe de 1,46 à 1,68MPa pour une teneur en fibres de 2,5 à 7,5 %, ensuite, elle diminue de 1,68 à 1,49MPa entre les teneurs en fibres de 7,5 et 10 %.

Ces résultats nous permettent de constater qu'il y a une quantité optimale en fibres à ne pas dépasser. Au-dessus de cette quantité, la liaison latérite-fibre devient plus faible. En définitive, l'insertion de fibres dans l'éprouvette de latérite améliore notablement la résistance à la flexion du matériau. Les résultats expérimentaux à l'échéance du 28<sup>ème</sup> jour nous montrent que le maximum de la résistance est obtenu à la teneur de :

- 7,5 % de fibres pour la paille de riz (1,72MPa).

- 5 % de fibres pour le bambou (2,23MPa).
- 7,5 % de fibres pour la bagasse (1,68MPa).

Les fibres de bambou sont donc plus efficaces pour renforcer les matériaux stabilisés car le maximum (2,23MPa) est beaucoup plus rapidement obtenu.

A l'échéance du 60<sup>ème</sup> jour, les résistances à la flexion augmentent par rapport à celles observées au 28<sup>ème</sup> jour.

- Pour le cas des fibres de la paille de riz, le maximum de résistance passe de 1,72 MPa à 2,65MPa.
- Pour le cas des fibres de bambou, le maximum de résistance passe de 2,23MPa à 3,24 MPa.
- Enfin, pour la bagasse, ce maximum de résistance passe de 1,68 à 2,73MPa.

Ces résultats nous montrent aussi que l'adhérence latérite-fibres s'intensifie avec le temps, cette adhérence est approuvée par l'augmentation des résistances à la flexion.

## 6. CONCLUSION

Dans le cadre de la recherche des nouveaux matériaux écologiques, la recherche sur les essais de stabilisation de la latérite avec les fibres cellulosiques, bien que récemment développé en Afrique, constitue une perspective intéressante afin de valoriser les matières premières locales. C'est dans ce contexte que le présent travail a été initié. Nous avons utilisé les fibres cellulosiques issues de la paille de riz, de la bagasse de canne à sucre et du bambou pour servir de liant renforçant la structure des matériaux stabilisés.

Les résultats des hydrolyses successives (à l'acide nitrique dilué, puis, à la soude diluée) montrent que les fibres cellulosiques représentent près de 38,59 % de la matière sèche de la paille de riz, près de 48,89 % pour le bambou et 43,02 % pour la bagasse.

Quant à la résistance à la flexion, l'incorporation des fibres augmente la résistance à la flexion sèche des éprouvettes. Cette résistance s'améliore au cours du temps. Ainsi, pour le cas des fibres de la paille de riz, le maximum de la résistance passe de 1,72 à 2,65MPa du 28<sup>ème</sup> jour au 60<sup>ème</sup> jour, il en est de même pour les fibres de bambou à savoir de 2,23 à 3,24MPa et ainsi que de 1,68 à 2,73MPa pour les fibres de la bagasse. Donc, une des applications envisageable serait d'utiliser ces matériaux dans les régions à haut risque sismique où les résistances à la flexion des matériaux sont très sollicitées.

Bien que nous ayons eu ces quelques résultats, cette recherche est loin de la perfection, ainsi il est instructif de savoir ses limites et ses difficultés. Premièrement, la production en grande quantité de fibres nécessite des matériels plus mécanisés donc plus coûteux : cuves hermétiques en acier pour la cuisson, filtre métallique cylindrique horizontal rotatif pour le lavage ; de plus, le malaxage (très difficile) de terre-fibres exige, sans doute des moyens mécanisés encore plus coûteux.

Les résultats expérimentaux de la résistance à la flexion des blocs armés de fibres témoignent bien l'efficacité des fibres pour ce type de sollicitation. Cependant, il serait intéressant d'étendre cette étude sur d'autres fibres provenant d'une source localement abondante. Nous pouvons aussi envisager l'addition supplémentaire d'un imperméabilisant, en particulier les résidus d'extraction bitumineuse, afin d'améliorer les comportements en milieu humide (Porosité, Résistances humides)

## 7. BIBLIOGRAPHIE

1. Abd-elmalik, (2002): Contribution à l'étude de stabilisation de la latérite par la paille de riz: Approche biochimique. [D.E.A : Sciences des matériaux et métallurgies. Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo. Madagascar, pp10-100
2. Armentano, I. et al. (2010). Biodegradable polymer matrix nanocomposites for tissue engineering: a review. *Polymer Degradation and Stability*, 95, 2126-2146.
3. Boussarsar H., (2008): Application de traitements thermique et enzymatique de solubilisation et saccharification de la fraction hémicellulosique en vue de la valorisation de la bagasse de canne à sucre. Thèse de Doctorat.
4. Chivrac, F. et al. (2006). Aromatic copolyester-based nanobio-composites: elaboration, structural characterization and properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 14, 393-401.
5. David W, (1994): Comment fabriquer son papier ?, pp25-75
6. Gérard M., (1964): Le papier. Presse Universitaire de France, pp 30-95
7. Gret, (1979): Biomasse : comparaison des valorisations des pailles de mil, de riz, et coques d'arachide. Ministère de la coopération, pp 40-120
8. Houben H. et al. (1989): Traité de construction en terre, l'Encyclopédie de la construction en terre. Edition parenthèses, 1989, pp55-155
9. Kamigaito, O. et al. (1984). Composite material composed of clay mineral and organic high polymer and method for producing the same. US Patent 4,472, 538, Toyota.
10. Karst, D. et al. (2005). Using the solubility parameter to explain disperse dye sorption on polylactide. *Journal of Applied Polymer Science*, 96, 416-422.
11. Larralde J-P, (1990): Résistance des matériaux .Sollicitations simples. MASSON, 1990, Tome 1. pp25-124
12. Laurent G., (1985): Principe directeurs pour l'emploi de la terre crue. 1<sup>ère</sup> édition, pp10-90.
13. Lindberg, J. (1967): Studies on thermodynamics of lignins and related polymers. II. Thermodynamics of solubility. *Suomen Kemistilehti*, B 40, 225-228.
14. Nguyen, T-P. (2011): Polymer-based nanocomposites for organic optoelectronic devices: a review.
15. Park, H.M. et al. (2002): Preparation and properties of biodegradable thermoplastic starch/clay hybrids. *Macromolecular Materials and Engineering*, 287, 553-558.
16. Pouteau, C. et al. (2004): Lignin- polymer blends: evaluation of compatibility by image analysis. *C.R. Biologies*, 327, 935-943. *Surface and Coatings Technology*, 206, 742-752.
17. Rabotovo O.M.A., (2006): Etude comparative de la stabilisation des latérites avec les liants : ciment et silice active additionnée de l'urée. Mémoire de fin d'études en vue d'obtention de diplôme d'ingénieur en Génie Chimique, ESPA- Université d'Antananarivo, Madagascar, pp44-85
18. Rinaudo M., (1998): Etude bibliographique sur les matériaux issus de la biomasse végétale. CNRS, pp15-75
19. Salgarolo P., (1990): Pratique des manipulations de chimie à l'usage des biologistes, pp15-115
20. Scriban R., (1984): Biotechnologie. 2<sup>e</sup> Edition, pp15-145
21. Stepine P., (1986): Résistance des matériaux. Editions MIR, pp5-135
22. Tang, X.Z. et al. (2012): Recent advances in Biopolymers and Biopolymer-Based nanocomposites for food packaging materials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 426-442.
23. Thakore et al. (1999): Evaluation of compatibility of poly(vinyl chloride)/starch acetate blends using simple techniques. *Journal of applied polymer science*, 71, 1851-1861.
24. Vaia, R.A. et al. (1997): Lattice model of polymer melt intercalation in organically modified layered silicates. *Macromolecules*, 30, 7990-7999.
25. Van Krevelen et al. (1990): In properties of polymers: Their correlation with chemical structure; their numerical estimation and prediction from additive group contributions. Elsevier, 3<sup>rd</sup> Edition, Amsterdam, pp 189-225.



26. Verdeyen J. et al. (1962) : Stabilité des terres. Sols routiers - soutènements – talus .Editions Eyrolles, pp11-158
27. Zhao, X. et al. (2011): Polymer supported nanocomposites for environmental application: a review. Chemical Engineering Journal, 170, 381-394.

## 9. WEBOGRAPHIE

28. fr.wikipedia.org/.../Analysegranulométrie, Date de consultation : 10/03/08)
  29. fr.wikipedia.org/ wiki / Bambou, Date de consultation : 17/03/08)
  30. fr.wikipedia.org / wiki / Riz, Date de consultation : 17/03/08)
  31. .fr.wikipedia.org/ wiki / Canne à sucre, Date de consultation : 05/07/10)
  32. ttp //geotech.sn/cours/file. php /1/, Date de consultation : 21/11/07)
- www.cours-genie-civil. , Date de consultation : 21/11/07)