

ÉLABORATION ET CARACTÉRISATION MÉCANIQUE ET PHYSIQUE DES PANNEAUX DE PARTICULES DE SCIURE DE KAPOKIER AVEC LA POUDRE TANIFÈRE DE LA COSSE DE GOUSSE DE NÉRÉ

Soviwadan Drovou

Komlan Assogba Kassegne

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Université de Lomé (ENSI – UL)
Unité de Recherche sur les Agroressources et Santé Environnementale
(URASE – UL)

Komla Sanda

Unité de Recherche sur les Agroressources et Santé Environnementale
(URASE – UL)

Ecole Supérieure d'Agronomie Université de Lomé (ESA – UL)

Abstract

The goal of this work is to develop carpentry residues which are the kapok tree with tannic powders pod locust bean (*Parkia biglobosa*), for the manufacture of particle board to seek palliative environmental problems of sawdust and the use of conventional binders.

The work consisted firstly, to make particleboard with the sawdust of kapok tree by varying the percentage of tannic powder pod locust bean and secondly, to determine the physical and mechanical properties of particleboard panels made by means of three-point bending test, the tensile test, testing of internal bound, the water absorption and thickness swelling test.

The bending test used to calculate the modulus of elasticity (MOE) which is between 7 840 MPa and 19 500 MPa modulus of rupture (MOR) varying between 6.84 MPa and 12.14 MPa. That of traction leads to the determination of Young's modulus (Re) in the range of 6 660 MPa to 19 869 MPa, also the modulus of rupture (MOT) varying between 19.16 MPa and 28.36 MPa, the internal bound (IB) between 0.294 MPa and 1.357 MPa.

The threshold set by the ANSI A.1-1999 for MOE, MOR and IB standard, has been largely achieved. The values of density used to classify the particleboard panels of sawdust kapok tree in the categories of medium and

high density. This shows that tannic powders of pod locust bean can validly replace conventional binders in the manufacture of particleboard.

Keywords_: Particleboard panel, sawdust of kapok, tannic powder pod locust bean, mechanical properties

Résumé

L'objectif de ce travail est de valoriser les résidus de menuiserie qui sont les sciures de kapokier avec les poudres tanniques de cosse de gousse de néré (*Parkiabiglobosa*), par la fabrication des panneaux de particules afin de rechercher des palliatifs aux problèmes environnementaux que posent les sciures de bois et l'utilisation des liants conventionnels.

Le travail a consisté d'une part, à fabriquer des panneaux de particules de sciures de kapokier en variant le paramètre d'élaboration qui est la teneur en poudres tanniques de cosse de gousse de néré et d'autre part, à déterminer les propriétés mécaniques et physiques des panneaux réalisés, au moyen de l'essai de flexion trois points, de l'essai de traction, l'essai de cohésion interne et le gonflement en eau.

L'essai de flexion a permis de calculer le module d'élasticité (MOE) variant entre 7 840 MPa et 19 500 MPa et le module de rupture (MOR) variant entre 6,84 MPa et 12,14 MPa. Celui de la traction conduit à la détermination du module de Young (Re) qui varie de 6 660 MPa à 19 869 MPa, aussi le module de rupture (MOT) variant entre 19,16MPa et 28,36 MPa et la cohésion interne (IB) comprise entre 0,294 MPa et 1,357 MPa.

Le seuil fixé par la norme ANSI A.1-1999 pour le MOE, MOR et l'IB, a été largement atteint. Les valeurs de la masse volumique permettent de classer les panneaux de sciures de kapokier dans les catégories de moyenne et haute densité. Le gonflement est une caractéristique critique des panneaux élaborés montrant qu'ils ne peuvent être utilisés qu'en milieu sec.

Ceci montre que les poudres tanniques peuvent valablement remplacer les liants conventionnels dans la fabrication des panneaux de particules.

Mots clés : Panneaux de particules, sciures de kapokier, poudres tanniques de cosse de gousse de néré, propriétés mécaniques

INTRODUCTION

Une des transformations des sous-produits agricoles et industriels est l'agglomération des particules de sciure de bois pour élaborer des panneaux de particules destinés au secteur comme l'industrie automobile et le bâtiment. Le marché des panneaux de fibres et particules à base de résidus de bois et de produits agricoles est marqué par une forte croissance ces dix dernières années [1]. Aussi les importations des panneaux de fibres, de

particules, de contre plaqués, de stratifiés et de feuilles de placages ont connu une augmentation exponentielle et la demande ne cesse de croître [2]. Lors de l'élaboration des panneaux de particules, les liants comme les urées formaldéhydes, les phénols formaldéhydes et les mélamines iso cyanates sont utilisés [3]. Les liants, urées formaldéhydes de coûts modérés sont beaucoup utilisés dans l'industrie des panneaux de particule pour l'usage intérieur. Les panneaux à base de ce liant ne résistent guère à l'eau et émettent le formaldéhyde dangereux pour l'homme et son environnement [3]. En effet, le formaldéhyde est classé aujourd'hui comme une substance cancérigène par l'Agence Internationale pour la recherche sur le cancer [4]. Quant aux phénols formaldéhydes, de coût élevé, elles émettent le phénol dans l'environnement avec une forte puissance de toxicité [5]. Pour cette raison, on évite de nos jours leur utilisation. Les colles polyisocyanates sont aussi chères et le groupe isocyanate libre reste dangereux à la santé publique [3].

Ces problèmes de liants conventionnels ont conduit à la recherche de la solution alternative. Une première solution est de réduire les taux de formaldéhydes mais cette réduction a une conséquence négative sur les propriétés des panneaux de particules et aussi n'élimine pas l'émission de formaldéhyde [6]. La deuxième option est la modification chimique des résines à base de formaldéhydes : elle n'empêche pas aussi l'émission de formaldéhyde [7]. La troisième option est de barrer l'émission de formaldéhyde par le placage au moyen d'un vernissage. Mais cette solution n'est que temporaire. Car la durée de vie des barrières est limitée [8].

L'inefficacité des solutions ci-dessus présentées a conduit à la recherche d'autres alternatives moins polluantes, moins toxiques, pour remplacer les liants conventionnels. Ainsi, les colles d'origine biologique (animale et végétale) connaissent de nos jours un regain d'intérêt. Il s'agit des gélatines, de blanc de l'œuf, de la caséine, des dérivées des graisses, des polysaccharides, des protéines végétales, lignines et des tannins. Dans son travail NENONENE [9] a exploré les tannins des végétaux telles la cosse de gousse de néré, de même NABEDE [11] a valorisé les plantes annuelles locales pour la production de panneaux de particules.

Il faut donc répondre à la question de grande taille du choix de liant sans rejet de formaldéhyde et réaliser des panneaux de bonne tenue mécanique qui résistent aux attaques des insectes et des agents microbiologiques. Dans les champs de la région centrale du Togo, abonde un déchet tannifère d'origine végétale : la cosse de gousse de néré.

Dans cet article, nous présenterons les résultats issus de l'expérimentation d'une méthode originale de fabrication de panneaux utilisant les résidus de menuiserie, les sciures de kapokier, avec le liant non conventionnel, la poudre de cosse de gousse de néré.

I – MATERIELS ET METHODES

I.1 – MATERIELS

I.1.1 – Matières premières

Les matières premières utilisées sont les suivantes :

- **Les sciures de bois de kapokier** : [26]

Elles sont recueillies de la menuiserie, Etablissement KUTO (Lomé-Togo). Du nom latin *Ceiba pentadra*, cette espèce végétale est connue sous les noms communs *kapokier*, *arbre bouteille*, *fromager*, *ouatier*, *bois coton*, *le vôoka* ou *gounga*. Il y a une bonne vingtaine de variétés de *Ceiba*, variétés auxquelles on peut ajouter le *chorisia*. Son nom "Ceiba" viendrait de la langue Taïno, langue des amérindiens qui peuplaient autrefois les Grandes Antilles. Le nom de fromager viendrait du fait que son bois est mou. Il viendrait d'Amérique centrale et d'Amérique du sud et se serait propagé dans le monde, dans les zones tropicales humides. On en trouve actuellement en Afrique, au Madagascar, aux Antilles, au Mexique, etc. Il est de la même famille que le baobab, les bombacacées et du même ordre que la mauve (les malvacées). C'est un arbre géant qui peut atteindre 40 voire 60 mètres en Afrique. Il a un tronc lisse et gris recouvert de grosses épines, pourtant son tronc est mou. Il semblerait que ses épines molles ont pour rôle de faire peur aux rhinocéros. Il a un port de branche assez étalé et étagé, cela lui donne une allure de chêne. Ses feuilles palmées ressemblent à celle du marronnier et contiennent 5 à 9 folioles. En hiver l'arbre perd ses feuilles. Alors si c'est un arbre tropicale, à combien de degré perd il ses feuilles ? Il les perd en juillet, ce qui correspond à l'hiver de Madagascar, les hivers à Madagascar (Afrique) sont à peu près les même qu'au Mexique (Amérique du Sud), il peut faire 5°C, surtout en soirée. Dans la zone équatoriale, il garde ses feuilles. Ses fleurs de couleur blanc/jaune possèdent 5 pétales et de 1 à 3 anthères. Il fleurit épisodiquement, en hiver en janvier-février avant l'apparition des feuilles. Elles éclosent dans la nuit et peut rester plusieurs années sans floraison. Il est pollinisé par les abeilles, les colibris et les chauves-souris. Ses fruits qui sont des capsules, s'ouvrent par 5 valves et contiennent des graines enveloppées d'une bourre soyeuse avec de petites graines noires. Le kapok sert principalement à garnir les coussins et matelas. De ses graines on peut extraire une huile qui est toutefois comestible, utilisable dans des lampes et dans de petits poêles et peut servir à l'éclairage et au chauffage de petites cabanes rurales. Une des vertus de ses graines est aussi l'extraction de la saponine servant à la fabrication du savon.

- **La cosse de gousse de néré** :

Le néré est l'une des plantes spontanées de l'Afrique sub-saharienne les plus protégées par les populations locales à cause de ses nombreux usages (alimentation humaine et animale, fertilisation et restaurations des sols,

protection des cultures, santé humaine et animale, ressources énergétiques, habitat, tannerie, ichtyotoxique, etc. [21]; [22]; [23]. Son bois entre dans la fabrication de la pâte à papier. Les graines du néré fermentées servent à la production d'un condiment commercialisé sur la plupart des marchés locaux et régionaux et connus sous des noms divers : *Iruau* (Nigeria), *Dawa Dawaau* (Cameroun), *Sumboulaau* (Mali), *Tsodi* et *Tsodouau* (Togo) [21]; [24]. Les cosques sont utilisées pour lustre les étoffes colorées [21] et pour tanner les peaux, et au Togo, pour traiter les sols et les murs des maisons de torchis contre l'humidité. L'écorce de la tige est utilisée pour la préparation de plusieurs médicaments traditionnels [25], et comme ichtyotoxique [26]. Les cosques peuvent servir d'engrais, de poison pour la pêche ou encore comme crépi pour enduire les murs des cases.

I.1.2 – Matériels de laboratoires

Les matériels de laboratoire ayant permis les différents essais sont les suivants :

- Une étuve à air chaud, à température maximale de 200°C de marque Memment ;
- Un broyeur à marteau de marque RETSCH, de type SK 1000, équipé d'un tamis de 2 mm pour transformer la cosse de néré en poudre de taille inférieure à 2 mm ;
- Une thermo-presse hydraulique manuelle de marque CARVER, de pression maximale de onze (11) bars, équipée d'un moule de 310 mm x 310 mm permettent le pressage des panneaux de particules ;
- Un malaxeur de marque Laurent PERRIER, pour mélanger le raffinat et le liant ;
- Un banc d'essai mécanique de marque INSTRON type 4467 équipé d'accessoires divers pour les différents essais à savoir, la traction, la compression, la flexion trois points et quatre points, la cohésion interne et la dureté Brinell.

Les essais sont effectués dans quatre laboratoires à savoir :

- Laboratoire de l'Unité de Recherche sur les Agro-ressources et Santé Environnementale (URASE) de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ESA) à l'Université de Lomé au Togo ;
- Laboratoire de métallurgie et essai de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI) à l'Université de Lomé au Togo ;
- Laboratoire d'Etude et Recherche sur le Matériaux Bois (LERMAB) de l'Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industrie du Bois (Enstib) de l'Université de Lorraine à Epinal en France ;

- Laboratoire d'acoustique de l'Ecole Nationale Supérieur de Mécanique et Microstructure (ESNMM) de l'Université de Franche - Comté en France.

I.2 – METHODES

Les sciures de kapokier issues de la menuiserie Ets KUTO et Fils (Lomé-Togo) sont étuvées à 70°C pendant 72 heures.

La gousse de néré également étuvée dans les mêmes conditions, est découpée et broyée au broyeur à marteau, équipé d'un tamis de 2 mm puis ensuite tamisée avec un tamis de 0,125 mm pour séparer les fibres de la cosse. Cette dernière est mélangée avec la sciure à différent taux de 5% ; 6,5% ; 7% ; 7,5% ; 8% ; 10% ; 12,5% et 15%.

Le mat ainsi constitué du raffinat, du liant la poudre de cosse de gousse de néré et de l'eau malaxé pendant dix minutes est pressé à la température de 140°C sous une pression de 11 bars pendant 15 minutes.

Les différents panneaux élaborés sont soumis à des essais mécaniques et physiques. Ces essais mécaniques, de flexion dont le principe est illustré par la figure 1.1, de traction et de cohésion interne, sont effectués suivant la norme EN 312- 2 2004 [13] sur des éprouvettes de 100 mm x 150 mm et d'épaisseur comprise entre 3,97mm et 7,59mm. Les figures ci-dessous montrent les éprouvettes pour les différents essais.

Les essais physiques qui constituent le teste de gonflement en eau consiste à immerger l'éprouvette de 50 mm x 50 mm.

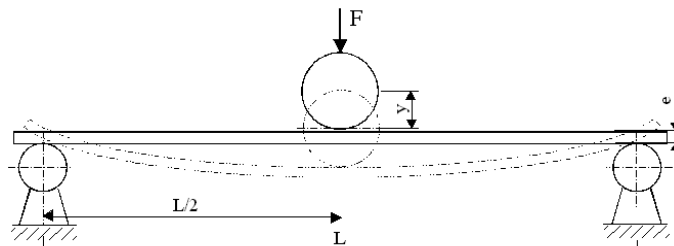


Figure 1.1 : Schéma du principe de l'essai de flexion trois points

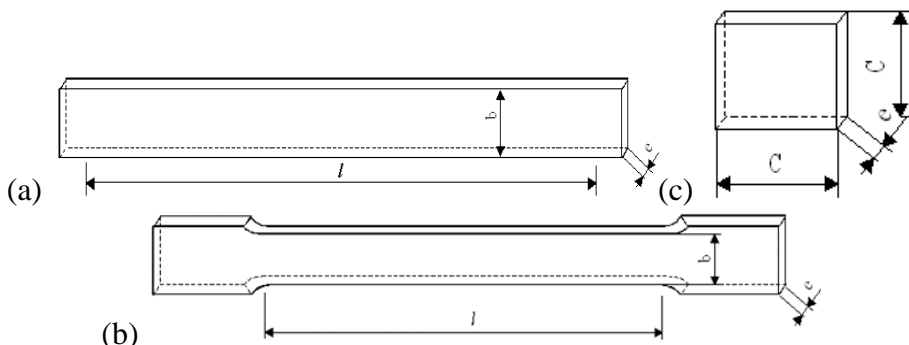


Figure 1.2 : Éprouvettes : (a), flexion ; (b), traction ; (c), cohésion interne et teste de gonflement en eau

A partir de ces essais, les caractéristiques mécaniques comme le module d'élasticité (MOE), le module de rupture (MOR) pour la flexion, le module de Young (Re) et le module de rupture (MOT) pour la traction et l'IB pour la cohésion interne sont calculés.

En effet, dans l'hypothèse d'un matériau homogène et isotrope, le module d'élasticité en flexion est donné par l'expression suivante :

$$MOE = \frac{Fl^3}{4be^3y} \quad (1)$$

La norme NBN EN 310 :1993 [14] en matière de panneau de particules préconise un module d'élasticité dont la force F est prise entre 10 et 40% de la force de rupture.

Soit finalement :

$$MOE = \frac{(F_2 - F_1)l^3}{4be^3(y_2 - y_1)} \quad (2)$$

Avec : l : distance entre les appuis ; b : largeur de l'éprouvette ;

e : l'épaisseur de l'éprouvette ; F : force de rupture ;

F₁ = 10% F ; y₁ : la flèche correspondant à F₁ ;

F₂ = 40% F ; y₂ : la flèche correspondant à F₂

La contrainte de rupture est donnée par la formule suivante :

$$MOR = \frac{3Fl}{2be^2} \quad (3)$$

Avec : l : distance entre les appuis ; b : largeur de l'éprouvette ;

e : l'épaisseur de l'éprouvette ; F : force de rupture

Le module de Young est donné par la relation suivante :

$$R_e = \frac{F.l}{be.\Delta l} \quad (4)$$

Avec : l : longueur initiale ; b : largeur de l'éprouvette ;

e : l'épaisseur de l'éprouvette ; F : force de limite d'élasticité ;

La résistance de rupture est donnée par la formule suivante :

$$MOT = \frac{F_m}{be} \quad (5)$$

Avec : b : largeur de l'éprouvette ; e : l'épaisseur de l'éprouvette ;

F_m : force maximale ;

La cohésion interne (Internal Bond : IB) de chaque panneau de particules est réalisé suivant la norme NF-EN 319 sur 10 éprouvettes de dimensions 50 x 50 soumises à la traction perpendiculaire aux faces. La contrainte de cohésion interne est calculée suivant la formule ci-après.

$$IB = \frac{F_m}{S} \quad (6)$$

Avec : S : surface sollicitée; F_m : force maximale de rupture ;
 Conformément à la norme ANSI A 208 1 1999 [15], les valeurs de références des caractéristiques mécaniques des panneaux de particules sont présentées dans le tableau 1. Elles serviront donc de référence pour la validation de nos résultats expérimentaux.

Tableau 1 : Caractéristiques requises, pour les panneaux de particules selon la norme américaine ANSI A208.1-1999.

Catégorie	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Dureté (N)	Allongement maximal (%)
H-1	16,5	2400	0,90	2225	NS
H-2	20,5	2400	0,90	4450	NS
H-3	23,5	2750	1,00	6675	NS
M-1	11,0	1725	0,40	2225	0,35
M-S	12,5	1900	0,40	2225	0,35
M-2	14,5	2225	0,45	2225	0,35
M-3	16,5	2750	0,55	2225	0,35
LD-2	5,0	1025	0,15	NS	0,35
LD-1	3,0	550	0,10	NS	0,35

MOR : contrainte de rupture ; MOE : module d'élasticité ; NS : non spécifié ;
 H : panneaux de haute densité : masse volumique > 800 kg/m³ (H-1, 2, 3 Usage Industriel) ;
 M : panneaux de moyenne densité : masse volumique comprise entre 640 et 800 kg/m³ (M-1, M-S Usage Commercial ; M-2 ; M-3 Usage Industriel) ;
 LD : panneaux de faible densité : masse volumique < 640 kg/m³ (LD Usage en âme de porte).

Pour ce qui est des caractéristiques physiques qui sont la masse volumique et le taux de gonflement et d'absorption en eau, elles sont déterminées comme suit :

La masse volumique est déterminée suivant la norme EN 323 sur dix éprouvettes de 50 mm x 50 mm pour chaque panneau élaboré. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\rho = \frac{M}{V} \tag{7}$$

$$V = e \times l^2 \tag{8}$$

Avec : M = masse de l'éprouvette ; V = volume de l'éprouvette ;
 e = épaisseur de l'éprouvette ; l = côté de l'éprouvette ;
 ρ = masse volumique du panneau

L'essai de gonflement consiste à immerger dans l'eau une éprouvette de chaque panneau dont la masse et l'épaisseur sont préalablement déterminées. On relève ensuite la masse et l'épaisseur de ces éprouvettes après 2 heures et 24 heures d'immersion. Ceci permet de déterminer le taux d'absorption (TA) d'eau des panneaux élaborés ainsi que leur taux de gonflement en épaisseur (TS) qui est déterminé suivant la norme EN 317, 1993 [18] :

$$TS (\%) = \frac{e_0 - e_i}{e_0} \times 100 \quad (9)$$

Avec e_0 : Epaisseur de l'éprouvette avant immersion (mm)

e_i : Epaisseur de l'éprouvette après immersion (mm)

TS : taux de gonflement d'épaisseur

$$TA (\%) = \frac{m_0 - m_i}{m_0} \times 100 \quad (10)$$

Avec m_0 : Epaisseur de l'éprouvette avant immersion (mm)

m_i : Epaisseur de l'éprouvette après immersion (mm)

TA : taux d'absorption d'eau

II – RESULTATS ET DISCUSSION

II.1 – RESULTATS

Une série de six (06) éprouvettes sont réalisés par panneaux au nombre de quatre pour chaque taux de liant pour les essais mécanique. Les résultats issus des différents essais sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques mécaniques et acoustiques des panneaux de particules de sciure de kapokier

Teneur en liant (%)	Re (MPa)	MOT (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	IB (MPa)	TS (%)		TA (%)		ρ (kg.m ⁻³)
						2H	24H	2H	24H	
5	6 660	21,29	8 040	11,42	0,842	129,898	148,180	259,127	281,750	760,459
6,5	8 800	23,24	7 840	7,18	0,956	140,939	165,894	285,412	285,572	764,019
7,5	8 230	19,16	12 900	9,61	1,357	139,748	146,354	339,631	357,598	768,393
8	9 520	20,54	10 700	8,12	0,362	116,108	128,113	289,045	306,470	780,033
10	14 800	25,99	9 080	6,96	0,294	92,468	109,872	238,459	255,341	784,181
12,5	15 150	26,75	14 300	6,84	0,843	104,288	118,992	263,752	280,905	842,556
15	19 860	28,36	19 500	12,14	0,939	151,644	159,229	310,981	332,661	843,656

II.2 – DISCUSSION

La masse volumique des panneaux variant entre 760,459 kg.m⁻³ et 843,656 kg.m⁻³ permet de classer les panneaux de 5 à 10% de poudre de cosse de néré parmi les panneaux de moyenne densité et ceux 12,5 à 15% de poudre de cosse de néré parmi les panneaux de haute densité [15]. La durée de pressage de 15 min à la température de 140°C et la pression de 11 bars donnant les modules d'élasticité et de ruptures les plus élevées au taux de liant de 15% est conforme au temps conventionnel de pressage de 5 min à 15 min pour une pression de 10 à 30 bars [17]. Ces résultats sont conformes à ceux de Villeneuve [19] et Chow [20].

Les courbes des figures II.1 à II.5 illustrent la variation des caractéristiques mécaniques et physiques en fonction de la teneur en liant : la poudre tanière de la cosse de gousse de néré.

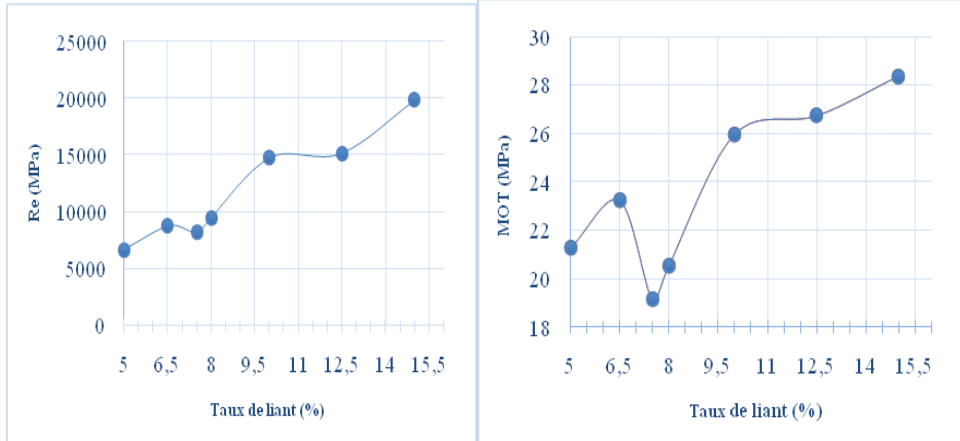


Fig. II.1 : Variation du module de Young (Re) et du module de rupture (MOT) en traction en fonction du taux de liant

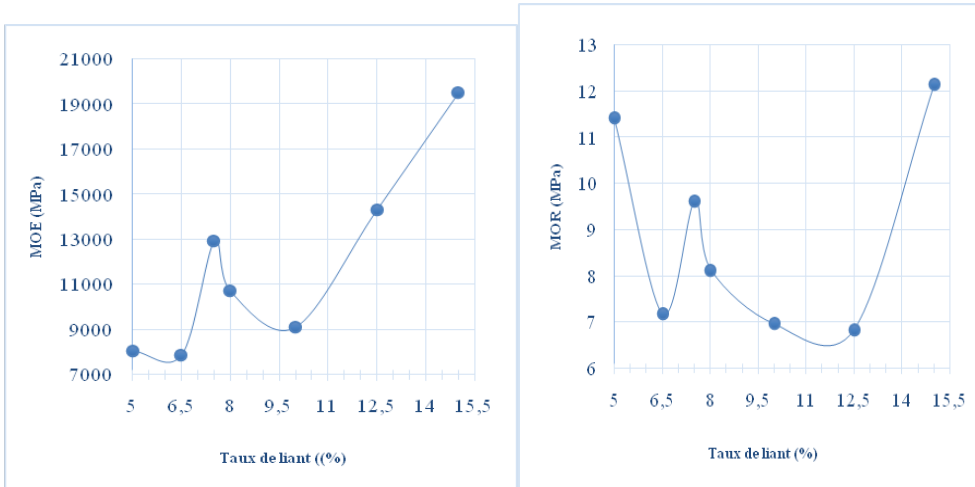


Fig. II.2 : Variation du module d'élasticité (MOE) et du module de rupture (MOR) en flexion en fonction du taux de liant

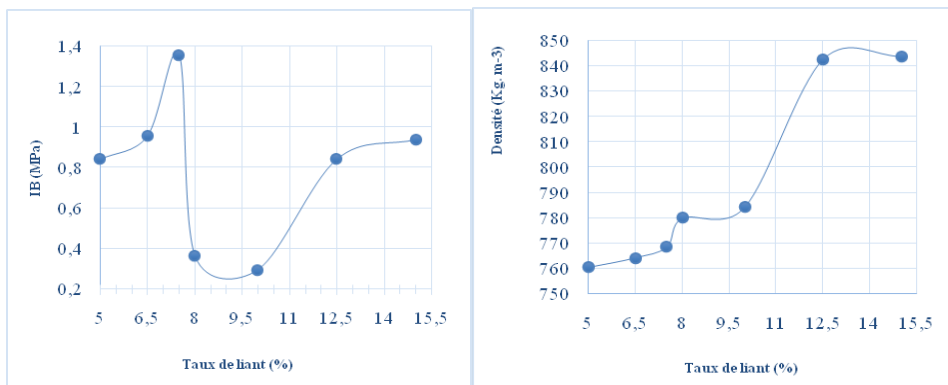


Fig. II.3 : Variation de la cohésion interne (IB) et de la masse volumique (ρ) en fonction du taux de liant

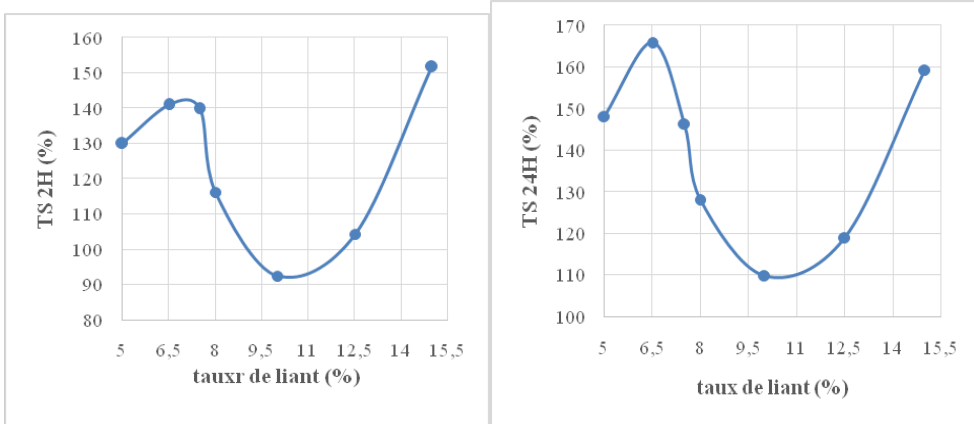


Fig. II.4 : Variation du taux de gonflement d'épaisseur (TS) en fonction du taux de liant après 2 heures 24 heures d'immersion

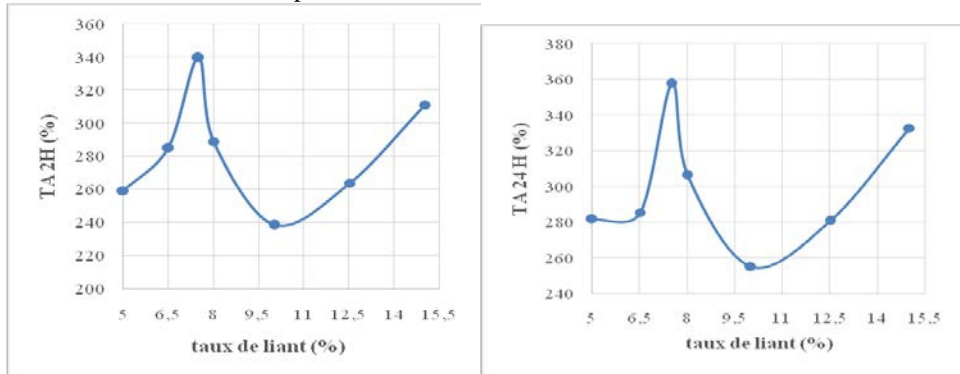


Fig. II.5 : Variation du taux d'absorption d'eau (TA) en fonction du taux de liant après 2 heures 24 heures d'immersion

D'une manière générale :

- ✓ le module de Young (R_e) croit avec le taux de liant de 6 660MPa pour 5% de liant à 19 860MPa pour 15% de liant. Ils confirment les résultats de KADJA komi sur les panneaux de particules de Kénaif avec la colle d'os en perles [12] ;
- ✓ la contrainte de rupture (MOT) en traction croit aussi avec le taux de liant avec deux exceptions en 7,5% et 8% en liant qui sont en dessous de la courbe d'évolution ;
- ✓ le module d'élasticité en flexion croit aussi avec le taux de liant. 7,5% et 8% font exception et sont dessus de la moyenne ;
- ✓ la variation de la contrainte de rupture en flexion a l'allure de la courbe de Weibull si on ignore les panneaux avec 7,5 et 8% de liant ;
- ✓ la cohésion interne décrit une forme de sinusoïde avec un maximum de 1,357MPa pour 7,5% de teneur en liant.

Il est à noter que ces panneaux 7,5% et 8% en liant présentent des singularités pour toutes les caractéristiques mécaniques.

Pour les caractéristiques physiques :

- ✓ la masse volumique croît également avec le taux de liant ;
- ✓ le taux de gonflement d'épaisseur varie de 92,468% à 139,748% en 2 heures et de 109,872% à 146,354% décrit une sinusoïde avec une meilleure valeur à 10% et une mauvaise valeur à 7,5% ;
- ✓ le même constat est fait pour le taux d'absorption d'eau ;
- ✓ ces résultats sont au-dessus des exigences des normes en vigueur montrant ainsi l'efficacité des sciures de kapokier avec la poudre tannique de cosse de gousse de néré dans la fabrication des panneaux de particule.

CONCLUSION

Ce travail prouve que le liant non conventionnel que représente la poudre tannique de cosse de gousse de néré peut être utilisé pour élaborer des panneaux de particules de sciure de bois et en particulier celle de kapokier. Les panneaux obtenus ont des caractéristiques mécaniques respectant les normes internationales en vigueur aux mêmes titres que ceux avec des liants conventionnels qui posent des problèmes environnementaux. La variation de la masse volumique classe ces panneaux parmi les moyennes et hautes densités. De très bonne valeur de cohésion interne qui respecte la norme ANSI A 208.1 1999, les panneaux de particules de sciure de kapokier avec la poudre de cosse de gousse de néré peuvent remplacer les panneaux non écologiques. Le taux de gonflement et le taux d'absorption élevés dénotent que les panneaux ainsi élaborés seront utilisés qu'en milieu sec.

References:

- [1] EPF, 2006. EU research framework programs ;cost development of particle board industry in Europe.
- [2] DCN TOGO, 2010. Direction de la comptabilité Nationale. Togo
- [3] NGHUEO YEMELE M. C. 2008. Développement de panneaux de particules à base d'écorce d'épinette noire et de peuplier faux tremble. PhD Université LAVAL.
- [4] IARC., 1995. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol62 : Wood dust and formaldehyde. Lyon France.
- [5] HUANG M. T. et FERRARO T., 1992. Phenolic – Compounds in food and cancer prevention, ACS Symposium, Ser. 507.
- [6] BEYER R. A., 1997. *Method of scavenging formaldehyde using a low mole ratio melamine – urea – formaldehyde resin.* United State Patent 5684118.
- [7] LAVISCI P., BERTI S., PIZZO B., TRIBOULOTAND P., ZANUTTINI R., 2001. A determination test for structural wood adhesives used in thick joints. *European Journal of Wood products.* Volume 59, Numbers 1-2 : 153 – 154 doi : 10.1007/s001070050487.
- [8] ORICA LIMITED, 1999. Urea formaldehyde resin production process.
- [9] NENONENE A. Y., 2009. Elaboration et caractérisation des panneaux de particules des tiges de kénaf à base des bioadhésif, de la colle d'os, des tannins ou de mucilage. *Thèse INP de Toulouse.*

- [10] MARK H. F., BIKALES N., OVERBERGER C. G., MENGES G., KROSCSWITZ J. I., 1989. *Encyclopedia of polymer Science and Engineering*, Eds John Willey and Sons, NY.
- [11] NABEDE K. P., 2002. Valorisation des plantes annuelles locales : culture du kénaf (*Hibiscus cannabinus L.*) et sa transformation en panneaux de fibres. Mémoire d'Ingénieur Agronome. 62p. Université de Lomé.
- [12] KADJA K., 2012. Elaboration et Caractérisation mécanique et thermique des panneaux de kénaf (*Hibiscus cannabinus L.*) et de cotonnier (*Gossypiumhirsutum L.*). *Thèse de Doctorat, Université de Lomé.*
- [13] EN 312 – 2, 2004. Panneaux de particules. Type P2, Stand P3 – MH, P4 CTBH.
- [14] EN 310 NF B51 – 124, 1993. Panneaux à base de bois – Détermination du module d'élasticité et de la résistance à la flexion AFNOR.
- [15] ANSI A 208 1, 1999. Medium density fibreboard, Published by National Particleboard Association, Gaithersburg, MD, 11P.
- [16] EN 322 B51 – 121, 2003. Panneaux à bois détermination de l'humidité.
- [17] GODBILLE F. D., 2002. A simulation model for the hot pressing of particleboard. *Thèse de Doctorat, University of Brunwick. 177p.*
- [18] EN 317, 1993. Particleboards and fiberboards, Determination of Swelling in Thickness after Immersion European Standardization Committee, Brussels.
- [19] VILLENEUVE E., 2005. Utilisation de l'écorce de peuplier faux – tremble pour la fabrication de panneaux de particules. Maîtrise en science du bois. *Faculté de foresterie Université LAVAL.*
- [20] CHOW P., 1978. Phenol adhesive bonded medium – density fiberboard from *Quercusrubra L.* bark and sawdust. *Wood and fiber Science*, 11(2) : 92 – 98.
- [21] Berhaut J. 1975. Flore Illustrée du Sénégal. Dakar, Min. du Dév. Rural. Dir. Des Eaux etForêts.
- [22] Tchiégang-Megueni C, Mapongmetsem PM, Akagou Zedong HC, et Kapseu C. 2001. An ethnobotanical study of indigenous fruit trees in northern Cameroon. *Forests, Trees and Livelihoods*. 11: 149-158.
- [23] Ndir B, Lognay G, Wathelet B, et al.2000. Composition chimique du nétéu, condiment alimentaire produit par fermentaire des graines du caroubier africain *Parkiabiglobosa (Jacq.) Benth.* *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* 4 (2): 101 -105.
- [24] Mapongmetsem P M, Nkongmeneck B A et Denedoumba D. 2004. Germination et croissance initiale d'une Mimosaceae alimentaire locale : *Parkiabiglobosa (Jacq.) Benth.* *Procédés Biologiques et Alimentaires*. (2) Revue N°2. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/fr/Data/137.HTM>
- [25] Fafioye O.O., Adebisi, A.A., Fagade S.O. 2004. Toxicity of *Parkiabiglobosa* and *Raphiavinifera* extracts on *Clariasgaripepinus juveniles*. *African Journal of Biotechnology*3:627-630
- [26] Jacques Fournet, *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique*, Gondwana editions, Cirad, 2002 (ISBN 2-87614-489-1 (Cirad, Tome 1). - 2-87614-492-1 (Cirad, Tome 2))