

*Composition chimique et propriétés adhésives
d'extraits d'organes tannifères de quelques plantes
du Togo pour l'agglomération de particules de tige
de kénaf (Hibiscus cannabinus L.)*

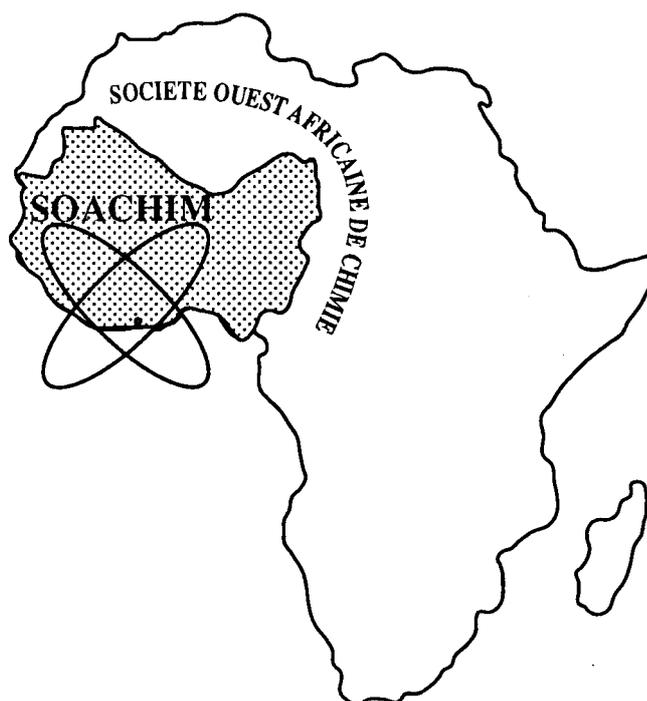
Amen Yawo Nennonene , Koffi Koba,

Komla Sanda, Luc Rigal

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2014), 037 : 49- 55

19^{ème} Année, Juin 2014



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

Composition chimique et propriétés adhésives d'extraits d'organes tannifères de quelques plantes du Togo pour l'agglomération de particules de tige de kénaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

Amen Yawo Nenonene¹, Koffi Koba^{1*}, Komla Sanda¹, Luc Rigal²

¹: Unité de Recherche sur les Agroressources et la Santé Environnementale (URASE), Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, B.P. 1515 Lomé, Togo.

²: CATAR, LCA, ENSIACET INP Toulouse, 31077, Toulouse, France

(Reçu le 08/03/2014 – Accepté après corrections le 20/09/2014)

Résumé : Le souci de produire des panneaux de particules respectueux de la santé humaine et de l'environnement oriente de plus en plus la recherche vers la substitution partielle ou totale des résines de synthèse conventionnelles contenant du formaldéhyde par des bioadhésifs tels que les tannins, les protéines, les acides gras, etc. Les propriétés liantes d'une colle d'os et des extraits d'organes tannifères de cosques de gousses de *Parkia biglobosa*, d'écorce de tige de *Pithecellobium dulce* et de gaine foliaire de *Sorghum caudatum* d'une part et les mélanges colle d'os - extraits d'organes d'autre part ont été évaluées à travers l'élaboration de panneaux de particules de kénaf. Les panneaux obtenus de faible densité varient de 0,48 à 0,52. Les propriétés mécaniques de 80% des panneaux fabriqués (600 à 1300 MPa pour le module d'élasticité en flexion (MOE), 5 à 11 MPa pour le module de rupture en flexion (MOR) et 0,11 à 0,58 MPa pour la cohésion interne (IB) ont dépassé les exigences de la norme américaine ANSI 208.1, 1999 (550 MPa, 3 MPa et 0,1 MPa respectivement pour MOE, MOR et IB)). De plus, une amélioration significative des propriétés de résistance à la flexion a été observée sur les panneaux dont les particules de tige sans écorce de kénaf ont été agglomérées avec les liants mixtes en comparaison avec la colle d'os ou les extraits pris isolément.

Mots clés : Panneau de particules, Extrait de tannin, *Parkia biglobosa*, *Pithecellobium dulce*, *Sorghum caudatum*, Propriétés mécaniques

Chemical composition and adhesive properties of extracts of tannin contained organs of some plants of Togo by agglomerating kenaf stem (*Hibiscus cannabinus* L.) particles

Abstract : The objective of producing particleboards of respectful environmental and human health leads to more and more research towards partial or total substitution of the conventional synthesized resins containing formaldehyde with bioadhesives such as tannins, proteins, fatty-acids, etc. The binding properties of bone made adhesive and extracts of tannin containing organs of plant such as pods of *Parkia biglobosa*, stem bark of *Pithecellobium dulce* and foliar sheath of *Sorghum caudatum* on the one hand and the mixtures of the bone adhesive – extracts of organ of plants on the other hand, were evaluated through the development of kenaf core particleboards. The panel obtained are low density ones with values from 0.484 to 0.527. The mechanical properties of 80% of the panels manufactured: 600 to 1300 MPa for the flexural modulus of elasticity (MOE), 5 to 11 MPa for the bending strength properties (MOR) and 0.11 to 0.58 MPa for the internal bond (IB) met the requirements of the American standard ANSI 208.1, 1999 (550 MPa, 3 MPa et 0.1 MPa respectively for MOE, MOR and IB). Moreover, a significant improvement of the properties of bending strength was observed on the panels whose kenaf core particles were agglomerated with the mixed binders comparing to those made with the bone adhesive or the extracts of organs matrix separately used.

Keywords: Particleboards, Tannin extract, *Parkia biglobosa*, *Pithecellobium dulce*, *Sorghum caudatum*, mechanical behavior

* Auteur de Correspondance : Koffi Koba, danielkkoba@yahoo.fr

1. Introduction

Les besoins de protection de l'environnement et la pression des populations plus regardantes quant à leur confort et leur santé amènent les politiques à opter pour l'usage de technologies de production plus propres et qui exposent de moins en moins les hommes aux substances toxiques produites par les activités humaines. De plus, la tendance naturelle de retour vers des produits « bio » conduit à mettre en œuvre une meilleure gestion des ressources naturelles en terme de leur valorisation.

Pour atteindre ces objectifs dans le domaine des matériaux, la recherche s'est principalement orientée vers l'utilisation des bio-adhésifs tels que les protéines^[1; 2], les polyphénols^[3; 4], les acides gras^[5; 6] en substitution des résines conventionnelles à base de formaldéhyde bio-sourcés. Les tannins sont principalement utilisés en substitution partielle (jusqu'à 90%). Les phénols dans les résines phénoliques de synthèse^[7; 8] (comme matrice thermodurcissable) pour la fabrication des panneaux de particules

Cette étude a pour objectif d'évaluer le pouvoir liant des mélanges de colle d'os et d'extraits d'organes de plantes qui ont montré chacun leur efficacité en tant que matrice thermodurcissable^[9]. Plus précisément nous cherchons à vérifier si le pouvoir liant des extraits aqueux des organes tannifères de plantes tropicales tels les cosses de fruit de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, l'écorce de tige de *Pithecellobium dulce* Benth. et la gaine foliaire de *Sorghum caudatum* (Hack.) Stapf peut être amélioré en les associant à la colle d'os dans leur mise en œuvre pour la fabrication de panneaux de particules de bois de kénaf de faible densité.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels

2.1.1 Matériel Fibreux

Les particules utilisées pour la fabrication de panneaux de particules ont été obtenues à partir de kénaf cultivé à la Station d'Expérimentation Agronomique de Lomé (SEAL) de l'Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé au Togo. Le kénaf, *Hibiscus cannabinus* L., est une espèce qui appartient à la famille des Malvaceae.

2.1.2. Matériels liants

2.1.2.1. Colle d'os

La colle d'os est une colle d'origine animale disponible commercialement au Togo ; elle est fournie par la société MONICO SARL sise à Lomé (société de distribution de matériaux de construction), sous forme de granulés

hydrosolubles. Traditionnellement utilisée en mélange à la chaux vive pour la fabrication d'enduits de mur, son utilisation comme résine liante pour le thermopressage de panneaux de particules n'est pas signalée par la littérature. La colle d'os contient 15,2 % d'azote correspondant à une teneur en protéines de 95 % par rapport à la matière sèche, 2,5 % de matière minérale et 230 mg.kg⁻¹ de formaldéhyde incorporé comme agent conservateur lors de la fabrication^[9].

2.1.2.2. Matériel tannifère

Trois types de matériel végétal ont été employés comme source de tannin dans ce travail. La cosse de la gousse de *P. Biglobosa* (Néré), l'écorce de tige de *P. dulce* (Faux campêcher) et la gaine foliaire de *S. caudatum* (Sorgho rouge). Les deux premières espèces sont des légumineuses sauvages des zones de savanes tropicales et la troisième, une graminée quasiment sauvage. *S. caudatum* est principalement exploitée au sud Togo comme colorant alimentaire. Ces plantes sont protégées par les populations du fait de leur grande utilité en ethnopharmacie, en traitement des matériaux et en alimentation humaine et animale^[9]. Les organes des plantes utilisés ont été récoltés à la SEAL.

2.2. Méthodologies

2.2.1. Fractionnement des particules

Les tiges de kénaf ont été récoltées dans un état relativement sec puis entreposées à l'ombre pendant 15 jours pour leur séchage complet. Après avoir enlevé manuellement les écorces des tiges, le bois de kénaf ainsi obtenu a été haché à l'aide d'un broyeur à marteaux de type ELECTRA actionné par la prise de force d'un tracteur. Les particules grossières ont été séchées à l'étuve (70 °C; 48 heures) puis broyées en particules de tailles moyennes à l'aide d'un broyeur de type RETSCH SM100 équipé d'un tamis de 5 mm de maille. Les particules obtenues ont un diamètre compris entre 0,25 et 1,60 mm et une longueur de 1 à 7 mm.

2.2.2. Préparation de la colle d'os

La colle d'os, séchée pendant 48 h à 70 °C, a été broyée à l'aide d'un appareil RETSCH SM100 équipé d'une grille de 2,5 mm de maille, puis dissoute dans l'eau (28,2 g MS de colle pour 50 g d'eau : 36 % g de MS) et le mélange a été porté à 50 °C sous agitation. Le pH de la solution à 25 °C est de 6,12.

2.2.3. Préparation des liants d'origine végétale

Le matériel végétale liant a été haché et séché à l'étuve (70 °C ; 48 heures), puis finement broyé à

l'aide du broyeur à couteaux RETSCH SM100 équipé d'un tamis de 2,5 millimètres de maille ; les poudres ainsi obtenues ont été macérées dans de l'eau distillée à 100 °C pendant 60 min suivant le ratio liquide/solide de 16 pour extraire les composés phénoliques hydrosolubles. Le filtrat a été lyophilisé pour l'obtention d'une poudre riche en tannin hydrolysable : 37%, 38% et 21% de la masse initiale respectivement pour les cosses de *P. biglobosa*, l'écorce de *P. dulce* et la gaine foliaire de *S. Caudatum*^[9].

2.2.4 Préparation de panneaux de particules de kénaf

Préparation du mat à base de particules de kénaf et de la colle d'os : Les particules de kénaf écorcé, broyé et séché sont mélangées à la solution de colle d'os et l'eau au malaxeur planétaire de type PERRIER 721, pendant 10 minutes. La colle d'os est incorporée au taux de 10% de la matière sèche (colle + matériel fibreux) (30 g / 270 g). Le taux d'humidité du mélange est ajusté par apport d'eau jusqu'à 27 % de la matière sèche totale.

Préparation des mats à base de particules de kénaf et des extraits d'organes tannifères : les extraits secs des organes de plantes sélectionnés sont mélangés sous forme de poudre dans une proportion de 10 % de la masse de la matière sèche totale des intrants aux particules de kénaf. Le mélange hydraté avec de l'eau distillée jusqu'à la teneur de 27% est homogénéisé avec le malaxeur planétaire de type PERRIER 721, pendant 10 minutes.

Préparation des mats à base de particules de kénaf et du mélange extraits d'organes tannifères et colle d'os : le mélange extrait sec d'organe de plante sélectionné-particules de kénaf est imprégné avec la quantité de colle d'os préparée de telle sorte que le liant obtenu, incorporé à raison de 10 % de la matière sèche totale, soit constitué à 20 % ou 50 % de colle d'os sèche, et que l'humidité du mat soit de 27 %. Ainsi : le mélange de 24 g (MS) d'extrait sec et de 270 g (MS) de particules est imprégné avec 16,6 g de solution à 36 % de colle d'os soit 6 g (MS) de colle d'os pour le mélange de liant contenant 20 % de colle d'os (liant **type 4-1** : 80 % d'extrait et 20 % de colle d'os) et le mélange de 15 g (MS) d'extrait sec et de 270 g de (MS) de particules est imprégné avec 41,5 g de solution à 36 % de colle d'os soit 15 g (MS) de colle d'os pour le

liant contenant 50 % de colle d'os (liant **type 1-1** : 50 % d'extrait et 50 % de colle d'os).

Thermopressage du mat : Le mat a été introduit dans un moule en aluminium (27 cm x 27 cm x 5 cm) préchauffé à 180 °C dans une thermopresse à chauffage électrique. Rappelons que la destruction pyrolytique des fibres n'intervient qu'à une température supérieure à 200 °C^[10]. Le moule fermé a été placé entre les deux plateaux chauffants de la thermopresse hydraulique manuel de type de CARVER (pression maximale: 1,1 MPa. La pression a été appliquée en deux temps : 0,5 MPa pendant 60 secondes et puis 1 MPa pendant 4 minutes. En fin de cycle, la durée de la détente, correspondant à l'ouverture du moule, a été de 60 secondes. Les panneaux sont démoulés et pesés après refroidissement à l'air ambiant pendant 30 minutes.

2.2.5 Caractérisation mécanique des panneaux de particules

Six spécimens (éprouvettes) de 150 mm x 50 mm (a) et 6 spécimens de 50 mm x 50 mm (b) ont été découpés dans chaque panneau de particules suivant la norme NF-EN 326-1 (1993) et conditionnés à 20 °C et 65 % d'humidité relative pendant 14 jours avant les essais mécaniques. Les spécimens (a) ont été employés pour les tests de flexion effectués conformément à la norme NF-EN 310 (1993) et les spécimens (b) ont été utilisés pour les tests de cohésion interne en respect des recommandations de la norme NF-EN 319, (1993). Pour tous les types d'essais mécaniques, une machine d'essai (Flexion-Traction) de type H5KT de JFC a été utilisée

2.2.6 Analyses statistiques

L'analyse de la variance des résultats et le test de Duncan pour la comparaison des moyennes ont été effectués au seuil de 5% à l'aide du logiciel Statistica.

3. Résultats et discussion

3.1. Composition chimique des cosses de *P. biglobosa*, de la gaine foliaire de *S. caudatum* et de l'écorce de *P. dulce*.

La répartition des principaux constituants des organes de plantes sélectionnées pour leur teneur en tannins est rapportée dans le **tableau I**.

Tableau I : Composition chimique des organes de plantes riches en tannins

Constituants analysés	Teneur (%)*		
	Organes de plantes tannifères		
	Cosses de <i>P. biglobosa</i>	Ecorce de <i>P. dulce</i>	Gaine foliaire de <i>S. caudatum</i>
Taux de matière sèche	91,68	94,12	94,80
Matière minérale	2,90	4,97	7,76
Lipides	0,90	0,99	0,95
Matières protéiques brutes	4,69	15,50	3,81
Cellulose	49,76	44,61	32,82
Hémicelluloses	2,52	20,96	32,75
Lignine	32,95	13,30	5,75

*Les teneurs sont exprimées pour 100 g de matière sèche

Les teneurs en matière minérale des organes de plantes sélectionnées varient en rapport avec la nature de ces organes environ 8 % pour la gaine foliaire du sorgho, 5 % dans l'écorce de *P. dulce* et 3 % dans la cosse du fruit du Néré.

Les faibles teneurs en lipides des cosses de gousses de néré, de l'écorce de tige de *P. dulce* et de la gaine foliaire de *S. caudatum* (0,9 % à 0,99 % de la matière sèche) s'expliquent par le fait que ces organes ne sont pas des organes oléifères typiques des plantes considérées.

Les teneurs en matières protéiques sont très variables : 15,5 % MS dans les écorces de *P. dulce*, 5,7% MS dans les cosses de *P. biglobosa*, bien que cette plante soit aussi une légumineuse et donc théoriquement riche en protéines et 3,8 MS dans la gaine foliaire de *S. caudatum*.

Le taux de cellulose dans les échantillons des organes choisis est assez élevé et semble dépendre de l'espèce et de la nature de l'organe végétal. Ainsi, les échantillons de cosse de *P. biglobosa*, d'écorce de *P. dulce* et de gaine foliaire *S. caudatum* ont donné des taux moyens de cellulose de 49,75 ; 44,61% et 32,82 % respectivement.

La teneur en hémicelluloses varie beaucoup de 2,52 % pour *P. biglobosa* à 21 % pour *P. dulce* et 32,75 % pour *S. caudatum* (tableau1). Le faible taux d'hémicelluloses obtenu dans le cas du Néré est surprenant (2 %). Elle est trop faible et peu vraisemblable. Cette faiblesse du taux d'hémicellulose pourrait s'expliquer par le fait que lors de l'analyse ADF & NDF les frittés se colmataient systématiquement à cause de la présence, dans les extractibles, de composés formant des hydrocolloïdes visqueux. De plus, la présence de composés phénoliques en forte proportion, pourrait être à l'origine de ces perturbations. Il en est de même de la présence de pectines ou de polysaccharides des mucilagineux. Ces constituants, mal ou partiellement solubilisés lors des attaques par les réactifs NDF et ADF, susceptibles de se recombinaient avec les autres constituants pariétaux, pourraient biaiser le résultat

de l'analyse gravimétrique. La teneur en hémicelluloses a été obtenue après extraction des constituants hydrosolubles à l'eau chaude. A 70 °C, le taux d'extractible à l'eau est de 13 % pour les cosses de ce fruit. Une fraction d'hémicelluloses de faibles poids moléculaires pourrait être ainsi entraînée.

La teneur en lignine des différents organes de ces plantes est aussi très variable, 5,7 % pour la gaine foliaire de *S. caudatum*, 13 % pour l'écorce de *P. dulce* et 33 % en moyenne pour la cosse de fruit de *P. biglobosa*. Cette teneur en lignine très élevée, associée à la présence de tannin, dans les cosses de fruit de néré justifie l'utilisation traditionnelle des cosses de cette plante dans la préparation d'enduction pour protéger les sols et les murs par les populations rurales de l'Afrique occidentale^[11 ; 12].

De par la multiplicité des propriétés chimiques des matières protéiques (acides ou basiques, chargés ou neutres, polaires ou apolaires, hydrophobes ou hydrophiles), les polypeptides constituant la MPB présentent une forte aptitude à former des liaisons chimiques variées plus ou moins fortes avec les groupements fonctionnels du matériel fibreux. Ces propriétés des protéines sont exploitables pour élaborer des panneaux de particules aux caractéristiques mécaniques intéressantes. Les protéines, et notamment celles de soja et de tournesol sont proposées comme alternatives aux résines à base de formaldéhyde^[1 ; 13 - 15].

Parmi les organes de plante retenus dans la présente étude, l'écorce de tige de *P. dulce* offre le meilleur atout en termes de potentiel protéique avec ses 15 % de MPB, pour leur mise en œuvre dans l'élaboration de panneaux de particules.^[1 ; 13 - 15]

Les polysaccharides, notamment les hémicelluloses et la fraction amorphe de la cellulose, sont susceptibles de passer à l'état fondu lors du thermopressage des panneaux, et de former des liaisons mécaniques en pénétrant les anfractuosités de la surface du matériel fibreux, remplissant ainsi les espaces vides laissés entre les particules, en s'y

solidifiant^[16-18]. En plus de cet ancrage purement mécanique, les carbohydrates, à travers leurs groupements hydroxyles, forment des liaisons hydrogène avec les groupements fonctionnels des particules^[19; 20]. Les hydrates de carbone forment ainsi avec les particules et les fibres des liaisons mécaniques relativement fortes et des liaisons chimiques de force faible à moyenne qui peuvent être exploitées dans la mise en œuvre des panneaux de particules.

La lignine forme avec les tannins l'essentiel des polyphénols des plantes dont les applications dans le domaine des matériaux sont connues^[20-23]. Les groupements carboxyliques latéraux de ces polyphénols prédisposent ces derniers à des réactions chimiques de nature très variables (hydrolyse, chélation oxydative, acétylation, estérification, etc.) et par conséquent permettent des liaisons chimiques solides renforçant ainsi les opportunités de mise en œuvre de ces polyphénols dans l'élaboration des panneaux de particules.

De par la distribution des composants chimiques des organes de plantes riches en tannins retenues dans la présente étude et sans rien enlever aux atouts des holocelluloses, les cosses de *P. biglobosa* et les écorces de tige de *P. dulce*, nettement plus riches en matières protéiques et en lignine, pourraient présenter les meilleures aptitudes à former des liaisons relativement solides avec les particules dans l'élaboration des panneaux de particules.

Le total des constituants dosés donne 93,7 % pour la cosse de *P. biglobosa*, 100,5 % pour l'écorce de *P. dulce* et 83,8 % pour la gaine foliaire de *S. caudatum*. Les extractifs à l'eau chaude (100 °C, pendant 1 heure avec un rapport L/S de 100) de ces mêmes organes sont respectivement de 67,4 % ; 37,5 % et 6,7 %, et les taux de solubles aux réactifs NDF sont : 30,6 % ; 18,8 % et 21,2 % respectivement pour la cosse de *P. biglobosa*, l'écorce de *P. dulce* et la gaine foliaire de *S. caudatum*.

Les cosses de *P. biglobosa* contiennent, d'après les dosages, une forte proportion de lignine

(anormalement élevée : 33 %). Mais ce sont elles aussi qui donnent le plus d'extractibles à l'eau [67 % (100 °C pendant 1 heure) et jusqu' à 73 % (Extraction à l'ASE : phase statique : 5 min, 2 cycles, Pression : 40 bars, L/S : 16, température : 150 °C)]. Ces résultats supposent que la cellulose et les lignines (49,7 + 32,95 = 82,95) sont partiellement solubilisées par l'eau ! Ce n'est pas vraisemblable. L'explication la plus plausible est qu'une partie des tannins hydrolysables correspondant à la masse manquante serait extraite par le réactif NDF, et l'autre partie se retrouverait sous forme condensée avec la lignine (insoluble au réactif ADF mais détruite par l'action de KMnO₄). Cette hypothèse confirme le taux très faible d'hémicellulose = NDF-ADF (2,5 %).

Le bilan matière en excès de la composition de *P. dulce*, serait dû à la teneur en protéine qui est surprenante (15,5 %) pour des écorces qui sont d'ordinaire peu riches en matière protéique. Le facteur multiplicatif (x 6,25) est probablement surévalué pour ce type d'organe.

Une perturbation des dosages ADF-NDF-KMnO₄, serait à la base des 16 % de MS de manque au bilan matière de la gaine foliaire de *S. caudatum* (84 % dosés au total). Une partie des tannins condensés (proanthocyanidines) est solubilisée par les réactifs NDF, et éliminée. Cette action des réactifs NDF est confirmée par le taux élevé des solubles NDF (21 %) en comparaison avec la teneur des extractibles des gaines foliaires de *S. caudatum* à l'eau à 100 °C pendant 1 heure (6,7 %).

3.2. Caractérisation des propriétés mécaniques des panneaux de particules de kéraf avec les extraits tannifères de cosses *P. biglobosa*, de la gaine foliaire de *S. caudatum* et de l'écorce *P. dulce*.

Le **tableau II** rassemble les résultats de caractérisation des panneaux de particules de tige écorcée de kéraf avec tous les types de liants utilisés : colle d'os, extraits d'organes seuls, mélange colle d'os-extraits d'organe de plante sélectionné.

Tableau II : Propriétés mécaniques des différents types de panneaux de particules fabriqués

Liants	Densité	MOE (MPa)	MOR(MPa)	IB (MPa)	TS (%)
Colle d'os	0,506	541	5,23	0,58	41
Extrait de cosse de <i>P. biglobosa</i>	0,485	726	4,98	0,30	44
Extrait d'écorce <i>P. dulce</i>	0,498	1104	5,66	0,45	42
Extrait de gaine foliaire de <i>S. caudatum</i>	0,498	511	2,38	0,11	64
Extrait de cosse de <i>P. biglobosa</i> (80%) + 20% de colle d'os	0,516	964	8,13	0,24	41
Extrait d'écorce de <i>P. dulce</i> (80%) + 20% de colle d'os	0,499	1 306	9,41	0,38	37
Extrait de gaine foliaire de <i>S. caudatum</i> (80%) + 20% de colle d'os	0,498	608	5,00	0,15	52
Extrait de cosse de <i>P. biglobosa</i> (50%) + 50% de colle d'os	0,527	959	9,65	0,41	38
Extrait d'écorce de <i>P. dulce</i> (50%) + 50% de colle d'os	0,521	1 342	11,06	0,36	34
Extrait de gaine foliaire de <i>S. caudatum</i> (50%) + 50% de colle d'os	0,484	718	8,00	0,49	43
ANSI A208.1, 1999 exigences	0,550	550	3,00	0,10	EN 317 : 23%

MOE : Module d'élasticité; MOR : Module de rupture; IB : Cohésion Interne ; TS : Gonflement en épaisseur

Les panneaux de particules obtenus sont des panneaux dits de faible densité avec des valeurs comprises entre 0,484 et 0,527 avec une moyenne de $0,498 \pm 0,18$ conformément à la norme ANSI A 208.1, 1999 qui requière une densité maximale de 0,550 pour les panneaux de faible densité. La nature des liants ne semble pas affecter la densité des panneaux. Ces densités comparables à celles obtenues par Sellers et al. (1995)^[24] pour des panneaux de tige écorcée de kénaf et des liants conventionnels tels que l'urée formaldéhyde (UF), le phénol formaldéhyde (PF) et le polymérique Diphénylméthane Diisocyanate (PMDI), sont légèrement plus faibles que celles des panneaux de particules à base de UF obtenus dans les mêmes conditions par Nenonene (2009)^[9] et par Kadja et al. (2013)^[25].

Globalement, le taux de gonflement en épaisseur des panneaux (TS), qui reste supérieur à 34 % dans tous les cas, n'est pas amélioré par l'introduction de la colle d'os. Ce résultat, logique si l'on considère la sensibilité à l'eau des panneaux observée avec la colle d'os (41%) seule ou avec les extraits d'organe de plante sélectionnés (44%, 42% et 64% pour les extraits de cosses de *P. biglobosa*, d'écorce de *P. dulce* et de gaines foliaires de *S. caudatum* respectivement), montre cependant que les interactions chimiques éventuelles qui pourraient se produire lors du thermopressage entre les protéines et les substances pectiques et surtout les tannins ne sont pas suffisantes pour diminuer l'hydrophilie et le gonflement des panneaux. Ces résultats qui sont élevés par rapport aux exigences de la norme européenne EN317 (23% de gonflement en épaisseur de maximal), montrent que nos panneaux sont nettement plus sensibles à l'eau que ceux obtenus par Selliers et al. (1995)^[24] et Xu et al. (2003)^[26].

La cohésion interne (IB), bien que restant supérieure à la valeur requise par la norme (3 MPa, ANSI A208.1, 1999) n'est pas améliorée par comparaison à celle obtenue dans le cas des panneaux liés avec la colle d'os seule (IB = 0,58 MPa à 10 % de colle, 5 min à 180 °C). Cependant, l'apport de la colle d'os incorporée pour moitié dans le liant avec l'extrait de gaine foliaire de *S. caudatum*, qui conduisait à la plus faible valeur de IB (0,11 MPa sans colle d'os), est manifeste (0,49 MPa pour 50 % de colle d'os). La cohésion interne des panneaux obtenus est comparable à celle des panneaux de particules de kénaf fabriqués par d'autres auteurs^[9 ; 24 ; 26].

Les effets du mélange de la colle d'os et des extraits d'organes de plantes tannifères sur les caractéristiques de résistance en flexion des

panneaux sont les plus remarquables : pour tous les liants constitués à 50 % de colle d'os et 50 % d'extrait d'organe, les valeurs de module d'élasticité (MOE) sont augmentées, et les résistances à rupture en flexion sont toutes pratiquement doublées, par comparaison au même liant sans colle d'os, voire même plus que triplées dans le cas de l'extrait de gaine foliaire de *S. caudatum* (MOR : 2,4 à 8 MPa). Ces valeurs sont toutes supérieures à celles obtenues avec la colle d'os seule (MOE = 541 MPa et MOR = 5,2 MPa), pour un même taux d'incorporation dans le mat de particules, ce qui traduit un effet de synergie positif entre le liant protéique et les liants riches en tannins, impliquant des réactions de réticulation de la matrice liante, augmentant ainsi sa résistance mécanique, dans les conditions du thermopressage. Cette hypothèse s'appuie sur la réactivité connue des protéines avec les composés phénoliques et les sels minéraux, en particulier les collagènes animaux, exploitée par exemple dans le domaine du tannage des peaux^[27]. L'apport de l'acide gallique ou de tannins de châtaignier sur la résistance mécanique de films thermoformés à base de protéines végétales a aussi été démontré par plusieurs auteurs^[28 ; 29]. Ainsi, les composés phénoliques, susceptibles de former des liaisons covalentes par estérification des groupements acides accessibles de la gélatine, conduiraient à une réticulation déjà sensible pour un taux de substitution de 20 % de colle d'os pour les extraits riches en tannins (MOR de panneaux à 10 % de mélange de liant sans et avec 20% de colle d'os : 5 à 8,1 MPa pour *P. biglobosa* ; 5,7 à 9,4 MPa pour *P. dulce* ; 2,4 à 5 MPa pour *S. caudatum*), et encore plus net pour un taux de substitution de 50 % de colle d'os (respectivement 9,6 ; 11,1 et 8 MPa).

4. Conclusion

La colle d'os d'une part et tous les extraits d'organes tannifères des plantes sélectionnées d'autre part ont montré leur aptitude à agglomérer les particules de tiges écorcées de kénaf en panneaux de particules de faible densité. Les mélanges des deux catégories de liants dans les proportions 80% d'extrait, 20% de colle d'os et 50% d'extrait, 50% de colle d'os ont permis d'améliorer de manière remarquable les caractéristiques de résistance à la flexion des panneaux de particules élaborés. Toutefois, malgré une légère amélioration de l'aptitude à la prise de l'eau, les panneaux de particules élaborés sont restés très hydrophiles rendant possible leur utilisation en intérieur seulement.

Bibliographie

- [1] Kumar R., Choudhary V., Mishra S., Varma I.K., Mattiason B. *Industrial Crops and Products.* (2002) 16 155–172
- [2] Rigal L. et Marechal V. Mise au point de nouvelles colles d'origine végétale en particulier pour la production de composites à base de bois. Laboratoire de Chimie Agroindustrielle, ENSIACET, INPT / INRA / ADEME, 2002. Toulouse.
- [3] Cetin N. S. et Ozmen N.. *Turk J Agric For* (2003) 27: 183-189
- [4] Moubarik A., Pizzi A., Allal A., Charrier F. et Charrier F. *Industrial Crops and Products*, (2009), 30(3), 188-193.
- [5] Williams, G. I. et Wool, R.P. *Applied Composite Materials.* (2000) 7: 421–432.
- [6] Aranguren M. I.; Mosiewicki M.; Fernandez J. B. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* (2006) 448, 145–159.
- [7] Lu Y., et Shi Q. *Holz als Roh- und Werkstoff.* (1995) 53(1): 17-19.
- [8] Hoong Y.B., Paridah M.T., Luqman C.A., Koh M.P. et Loh Y.F. *Industrial Crops and Products*, (2009) 30 (3) pp 413-421
- [9] Nenonene A.Y.. Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kénaf et de bioadhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, 2009, Toulouse, France,
- [10] Nenonene A.Y., Koba K., Atcholi K.E., Rigal L. et Sanda K.. *Journal de la Recherche Scientifique, Série A*, (2007) 9(1) : 35 – 42.
- [11] Fafioye O.O., Adebisi, A.A., Fagade S.O. *African Journal of Biotechnology* (2004) 3: 627-630
- [12] Sina S. *Reproduction et Diversité Génétique chez Parkia biglobosa (Jacq.) .Don.* PhD thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. ISBN 90-8504-361-1, 2006
- [13] Kalapathy, U., Hettiarachchy, N.S., Myers, D., Hanna, M.A. J. *Am. Oil Chem. Soc.* (1995) 72, 507–510.
- [14] Rouilly A., Orliac O., Silvestre F. et Rigal L. *Bioresource Technology.* (2006) 97(4): 553-561.
- [15] Geneau C. Procédé d'élaboration d'agromatériau composite naturel par extrusion bivis et injection moulage de tourteau de tournesol. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, 2006, France
- [16] Frazier C.E et Jianwen N. *Int. J. Adhesion & Adhesives.* (1998) 18: 81-87.
- [17] Shi S.Q et Gardner D.J. *Wood Fiber Science.* (2001) 33(1): 58-68.
- [18] Lamure A. Adhésion et Adhérence des matériaux. Note de cours, ENSIACET, INP Toulouse, 2006, France
- [19] Felby C., Hassingboe J., Lund M. *Enzyme and Microbial Technology* (2002) 31: 736–741
- [20] Yelle, D. ; Goodell, B. ; Gardner, D.J. ; Amirbahman, A. ; Winistorfer, P. ; Shaler, S.M. *Forest Products Journal* (2004) 54(4): 73–78.
- [21] Pizzi A. 1994. Tannin-based wood adhesives. In: Pizzi A (ed) *Advanced wood adhesives technology.* Marcel Dekker Inc., New York. pp 149–217.
- [22] Bisanda E.T.N., Ogola W.O. et Tesha J.V. *Cement & Concrete Composites* (2003), 25: 593–598
- [23] Gardner D.J., Frazier C.E., et Christiansen A.W. Characteristics of the Wood Adhesion Bonding Mechanism Using Hydroxymethyl Resorcinol. Proceedings No. 7230 ISBN 1-892529-45-9. *Wood Adhesives* November 2005, 2-4. Holiday Inn on the Bay San Diego, California, USA. The Forest Products Society.
- [24] Sellers T. J., Miller G.D., Fuller M. J. Lignocellulosic-Based Composites Made of Core from Kenaf, an Annual Agricultural Crop. Abstarct, IUFRO XX World Congress - Caring for the Forest: Research in a Changing World, 6-12 August 1995, Tampere, Finland. Improving Our Understanding of Processes and Products. Abstract.
- [25] Kadja K., Amey K.B., Kassegne A.K., Sanda K., Banna M. *Revue Togolaise des Sciences* (2013) Vol. 7, n° 2 : 12- 24.
- [26] Xu J., Han G., Wong E.D., Kawai S. *J Wood Sci.* (2003) 49:327–332
- [27] Sibari A. Mise au point d'un nouveau procédé de tannage des peaux par les tannins végétaux en milieu solvant organique. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, 1993, France
- [28] Orliac O. Valorisation des protéines de tournesol : étude de leur comportement thermique, rhéologique et de leur réactivité chimique. Application à la fabrication de nouveaux matériaux biodégradables. Thèse de Doctorat INP Toulouse, 2002, France.
- [29] Orliac O., Rouilly A., Silvestre F., Rigal L. 2002. *Polymer* (2002) 43: 5417-5425.