

## Fissuration des rondelles de bois verts tropicaux soumises au séchage naturel : cas du Padouk et de l'Okoumé du Gabon

NKENE MEZUI Estelle<sup>1</sup>, MOUTOU PITTI Rostand<sup>2, 4</sup>, PAMBOU NZIENGUI Claude Feldman<sup>2, 3</sup>, IKOGOUE Samuel<sup>3</sup>, EKOMY ANGO Serge<sup>4</sup>, TALLA Pierre Kisito<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale des Eaux et Forêts (ENEF), LaReVaBois, Libreville, Gabon

<sup>2</sup>Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, 63000 Clermont Ferrand, France

<sup>3</sup>Ecole Polytechnique de Masuku (EPM-USTM), Gabon

<sup>4</sup>CENAREST, IRT, BP 14070, Libreville, Gabon

<sup>5</sup>Université de Dschang, Cameroun

[esthernkenemezui@gmail.com](mailto:esthernkenemezui@gmail.com)

**Mots clés :** Rondelle ; Bois vert ; Dessiccation ; Déformations ; Teneur en eau ; PSF ; analyse d'images

### Contexte et objectifs

Grâce à ses propriétés mécaniques et à ses avantages environnementaux, le bois est de nos jours l'un des matériaux les plus utilisés dans la construction. Son comportement mécanique dépend fortement de la température, de la teneur en eau, de la géométrie de la pièce, ainsi que de son hygroscopie. Sur la base de ces informations, il apparaît qu'il soit indispensable d'étudier le comportement du bois lors du processus de séchage pour prévenir les déformations éventuelles préjudiciables à la structure. Malheureusement, la littérature montre que très peu d'études ont été faites sur le comportement des rondelles de bois vert pendant le séchage. Ce manque de données est plus important pour les essences tropicales que pour les essences tempérées. Toutefois, on dénombre quelques rares travaux effectués sur des rondelles de bois, notamment les travaux de (Moutou 2013, Ndong 2015) respectivement sur le Pin sylvestre et l'Okoumé. Les résultats issus de leurs différentes études ont permis de mettre en évidence les Points de Saturation des Fibres (PSF) des rondelles étudiées, de quantifier l'importance des déformations dans des zones spécifiques et en fonction de certains paramètres (teneur en eau, distance au centre...), etc. L'objectif général de ce travail est d'analyser le comportement hydromécanique des rondelles de bois verts soumises à la dessiccation de deux essences tropicales africaines : l'Okoumé (*Aucoumea klaineana* P.) et le Padouk (*Pterocarpus soyauxii*). Les objectifs spécifiques sont d'identifier les zones potentielles d'apparition des fissures, de comparer les résultats des déformations expérimentaux et numériques inter-essences, afin d'anticiper ces phénomènes et de limiter les pertes lors des différentes transformations du bois.

### Matériel et méthode

Le matériel végétal nécessaire à notre étude a été prélevé dans la forêt classée de la Mondah située au cap-estérias, à l'aide d'une tronçonneuse. Les échantillons prélevés ont ensuite été usinés sous forme de rondelle, en réalisant un méplat afin de permettre une auto-stabilité des éprouvettes sur le support des essais. Les éprouvettes obtenues avaient pour dimensions moyennes, un diamètre de  $24,5 \pm 0,6$  cm et  $3,7 \pm 0,27$  cm d'épaisseur. Elles ont ensuite été conservées dans de l'eau, afin de les maintenir à l'état vert et d'éviter leur fissuration précoce. Les Fig. 1 et 2 ci-dessous présentent la disposition des cibles sur les surfaces des rondelles, ainsi que le dispositif expérimental. Une fois sorties de l'eau, des cibles espacées dans le sens radial de 2 à 3 centimètres ont été marquées sur les surfaces des rondelles, formant entre elles

des rayons  $R_i$  écartés d'un angle  $\theta$  et des couronnes  $C_i$ . La rondelle verte est ensuite placée face à l'appareil photo à une distance d'environ 30 centimètres.

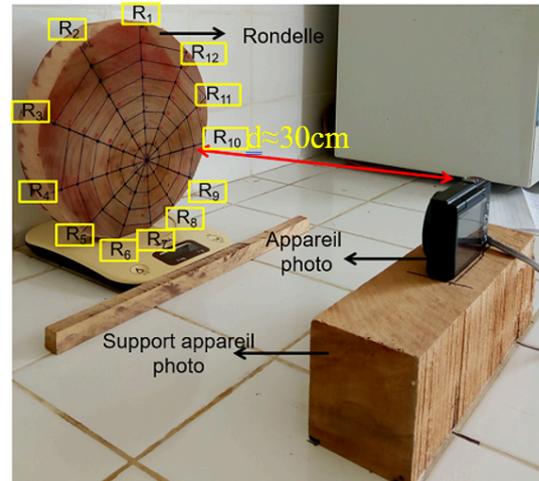
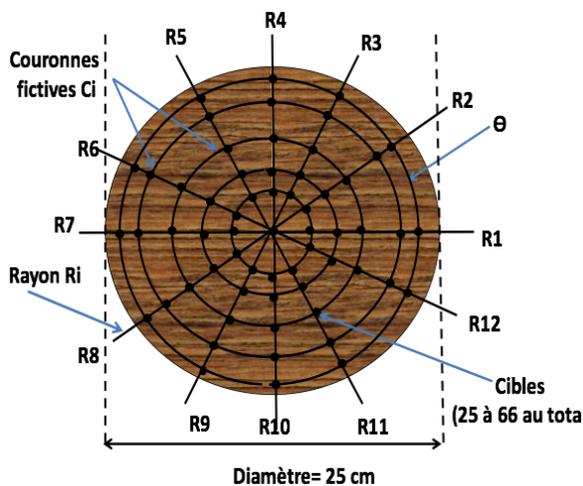


Fig. 1 : Disposition des cibles sur la rondelle      Fig. 2 : Dispositif expérimental de l'étude

La méthodologie de travail consiste dans un premier temps à prendre des captures d'images à l'aide de l'appareil photo et à prélever la température  $T$  et l'humidité relative  $HR$  de l'air ambiant avec un thermo-hygromètre, toutes les 2 heures à cause du nombre d'essais effectué simultanément, et chaque 1 heure pour l'essai 1 d'Okoumé. Nous avons ensuite mesuré la perte de masse sur une éprouvette témoin à l'aide d'une balance adaptée et mesurer les déplacements des cibles directement sur la rondelle testée et ensuite sur les images avec une règle graduée, aux mêmes fréquences horaires. Nous avons au total effectué 6 essais, dont 3 essais d'Okoumé et 3 essais de Padouk. Parmi les 3 rondelles d'Okoumé, deux se sont fissurées durant les essais (Fig. 3), contre aucune pour le Padouk.

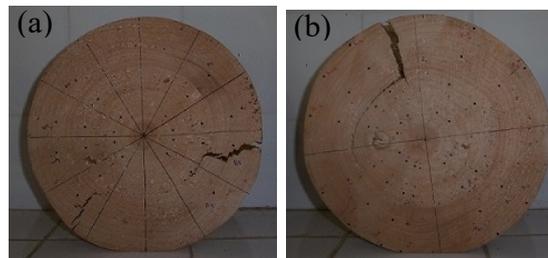


Fig. 3 : Rondelles d'Okoumé fissurées : (a) no 2 ; (b) no 3

## Résultats et discussions

Ce travail a été réalisé suivant deux études distinctes : une étude dite expérimentale et une autre dite numérique. L'étude expérimentale a consisté à suivre l'évolution des déformations dans le temps grâce à un appareil photo et l'étude numérique sur cast3m avait pour objectif de simuler grâce aux résultats expérimentaux obtenus, l'évolution des déformations dans le temps en fonction de l'humidité.

### Partie expérimentale

Pour la partie expérimentale, nous nous contentons ici de présenter quelques résultats des déformations radiales en fonction de la teneur en eau et leurs moyennes dans le temps. L'objectif de cette partie est d'identifier les Points de Saturation des Fibres (PSF) des rondelles d'Okoumé et du Padouk étudiées et de quantifier l'importance des déformations avant et après

ces derniers. Il s'agit également de les quantifier dans le temps, et de montrer l'impact de la fissure sur ces dernières.

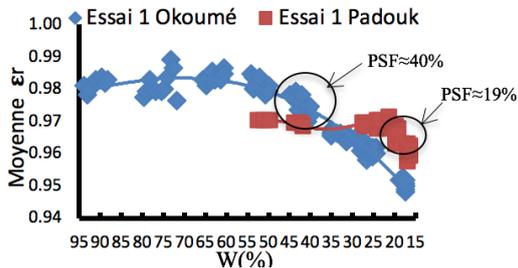


Fig. 4 : moyenne des déformations radiales en fonction de la teneur en eau

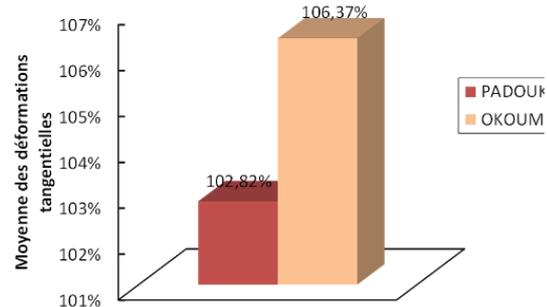


Fig. 5 : moyennes des déformations tangentielles dans le temps

Le PSF (Tab. 1) correspond ici au pourcentage de teneur en eau (noté W%) en deçà duquel les déformations augmentent de manière considérable, symbolisé par un changement d'évolution (croissance ou décroissance) de la courbe. Les Fig. 4 et 5 montrent que les déformations radiales sont négligeables avant d'atteindre les différents PSF, et elles augmentent de façon considérable sous ces derniers. De plus (Fig. 5), les déformations sont plus importantes chez l'Okoumé à cause de l'action de la fissure. On note un écart plus important entre le PSF moyen et l'humidité d'équilibre moyenne (notée  $W_{\text{éq.moyen}}$ ) des trois essais chez l'Okoumé soit environ 21%, contre seulement 7% pour le Padouk, le PSF du Padouk étant plus faible que celui de l'Okoumé.

Tab. 1 : Écart entre PSF et humidité d'équilibre de chaque essence

Essences	PSF <sub>moyen</sub> (%)	W <sub>éq.moyen</sub> (%)	Écart <sub>PSF-W<sub>éq</sub></sub> (%)
OKOUME	39	18	21
PADOUK	22	15	7

### Partie numérique

Pour la modélisation numérique sous le logiciel par éléments finis Cast3m, nous avons au préalable déterminé les paramètres d'entrée que sont les constantes élastiques et coefficients de Poisson à l'aide des équations de Guitard (1987) et des corrections en humidité W et en température T de Palka (1973). Nous avons ensuite déterminé les coefficients de retrait à l'aide de la proposition de Preziosa et al. (1986). Les Tab. 2 et 3, montrant les moyennes des résultats obtenus pour les teneurs en eau finales (notée  $W_f$ ), mettent en exergue l'anisotropie prononcée du matériau bois. On peut observer du Tab. 2 que les modules élastiques dans le sens longitudinal ( $E_L$ ) sont cohérents avec les valeurs couramment proposées par le CIRAD (2012) tant pour le Padouk que pour l'Okoumé. Le Tab. 3 montre que le retrait longitudinal ( $\alpha_L$ ) est presque nul, ce qui confirme que les variations dimensionnelles dans le sens des fibres sont négligeables. De plus, on note un retrait important pour l'Okoumé et faible pour le Padouk.

Tab. 2 : Constantes élastiques à  $W_f$

	Teneur en eau moy. $W_f$	$E_R=C_{11}$ (GPa)	$E_T=C_{22}$ (GPa)	$E_L=C_{33}$ (GPa)	$G_{RT}=C_{66}$ (GPa)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )
Okoumé	18%	1,264±0,159	0,689±0,107	10,378±0,688	0,241±0,037	360
Padouk	15%	1,490±0,097	0,769±0,042	14,200±0,966	0,269±0,014	630

Tab. 3 : Coefficients de retrait entre le PSF et  $W_f$

	$\beta$ (MPa/%W)	$\alpha_R$	$\alpha_T$	$\alpha_L$
Okoumé	2,047	0,52±0,13	0,73±0,20	0,003±0,001
Padouk	7,217	0,14±0,09	0,19±0,135	0,001

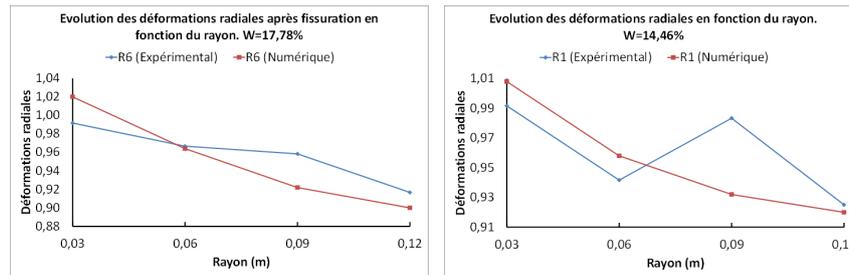


Fig. 6 : Déformations radiales : (a) Okoumé, rayon R6 ; (b) Padouk, rayon R1

Les déformations radiales expérimentales et numériques de l'Okoumé dans le domaine hygroscopique ( $w=17,78\%$ ) se rapprochent, sauf aux couronnes 3 et 4 correspondant aux rayons 0,09 m et 0,12 m en allant vers la périphérie, à cause de l'impact de la fissure (Fig. 6a). Dans le cas du Padouk, elles se rapprochent, sauf à la couronne 3, à cause des bruts de mesures expérimentaux et des insuffisances du modèle numérique (Fig. 6b).

### Conclusion et perspectives

De cette étude, nous avons pu déterminer les PSF de nos rondelles, l'importance des déformations radiales en fonction de la teneur en eau, l'impact de la fissure sur la moyenne des déformations tangentielle dans le temps, comparer le retrait et les déformations entre l'Okoumé et le Padouk. Nous avons en plus comparé les résultats expérimentaux et numériques des déformations radiales, en faisant varier quelques paramètres dans le modèle (champ hydrique, coefficients de retrait et constantes élastiques). Pour la suite, il serait souhaitable d'avoir un dispositif expérimental plus rigoureux, afin de réduire les erreurs d'expérimentation. De plus, pour mieux nous rapprocher de la réalité expérimentale, il serait intéressant d'incorporer dans le modèle numérique l'évolution des paramètres d'entrée au cours du temps.

### Remerciements

Les auteurs remercient les laboratoires de l'Institut de Recherche Technologique (IRT) et l'Institut de Recherche en Écologie Tropicale (IRET) de Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST\_GABON) pour l'accueil et l'aide logistique.

### Références

- Cirad. (2012) Tropix 7 -1998-2011, fiche essence.
- Guitard D. (1987) Mécanique du matériau bois et composites, in : Coll. Nabla, Cépadués Editions, Toulouse, 228.
- Moutou Pitti R., Dubois F., Sauvat N., Fournely E. (2013) Strain analysis in dried green wood: Experimentation and modelling approaches. *Engineering Fracture Mechanics*, 105: 182-199.
- Ndong Lemey. (2015) Fissuration des rondelles de bois verts d'Okoumé soumises au séchage naturel, Mémoire de Master 2, Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Gabon.
- Palka L.C. (1973) Predicting the effect of specific gravity, moisture content, temperature and strain rate on the elastic properties of softwoods, *Wood Science and Technology*, 7:127-41.
- Preziosa C., Guitard D., Sales C. (1986) Contraintes internes dans le matériau bois : le tenseur des coefficients de contrainte de séchage comme caractéristique isotrope de la matière ligneuse, *Bois et Forêt des Tropiques, Cahiers Scientifiques n°8*, p. 93-109.