

Caractérisation des bois de chêne Algériens par Scanner tomographique à rayons X et logiciel libre Image-J.

S. Kennouche¹, F. Mothe², A. Zerizer¹, A. Aknouche¹.

¹ Unité de Recherche Matériaux, Procédés et Environnement, University M'Hamed Bougara - Boumerdès, Avenue de l'indépendance, 3500 Boumerdès, Algeria.

² Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt Bois(LERFOB), INRA 54280 Champenoux, Nancy, France.

Abstract - Cette étude a pour objectif la détermination de la variation de la densité du bois à plusieurs échelles (en épaisseur de deux types de bois de chêne Algérien). L'analyse est basée sur l'absorption du rayonnement X généré par le scanner tomographique. Cette méthode a été mise au point par (Godefrey HOUNSFIELD en 1972). Ce travail permis de déterminer la distribution densitométrique de deux espèces de bois de chêne Algérien, le chêne Zeen (*Quercus canariensis*) et le chêne Afarès (*Quercus Afarès*) issus du massif forestier, zézaie de Yakouren (Tizi Ouzou). Des éprouvettes ont été découpées en tous en respectant la direction longitudinal-tangentielle (20*20*250) mm, puis exposées à une source de rayonnement X. Une fois développé, les images ainsi obtenues seront traitées à l'aide de logiciel libre typique d'analyse d'image (Image J). Chaque éprouvette est scannée dans le sens longitudinal en neuf (09) passages du scanner dans le sens radial avec une profondeur d'analyse d'ordre 0.15 mm. Ce qui nous a permis de récupérer 18 images qui seront traité par le logiciel Image-J. Le traitement est effectué sur plusieurs zones des échantillons de chaque image obtenue, l'analyse nous permis de mettre en exergue l'anisotropie des bois en se basant sur les valeurs obtenues de la densité des bois de chêne analysé.

Keywords: Tomographie-X, Scanner tomographique, densité, bois, Image-J.

I.Introduction :

Le premier scanner à rayons X a été inventé par Godefrey HOUNSFIELD en 1972. Les premières images médicales ont été réalisées sur le cerveau, puis se sont étendues à tous les domaines entre autres celui des matériaux. Le principe de l'analyse par tomographie est basée sur la reconstruire une vision en trois dimensions d'un objet (des éprouvettes de bois dans notre cas), y' compris la structure interne, à partir d'une série d'images en deux dimensions. Le résultat est similaire à ce que l'on obtiendrait en découpant l'objet en fines lamelles puis, en radiographiant ces lamelles, d'où le nom de la technique (Anon., 2005b). La densité du bois est une caractéristique d'un intérêt majeur des arbres. Pour les usages industriels (par exemple le bois des

constructions, des pâtes et papiers), la densité du bois est un facteur déterminant de la qualité car il est fortement relié avec les propriétés mécaniques et physiques du bois (par exemple la contrainte de rupture, retrait). Dans le contexte du changement global, il ya une forte demande pour l'estimation de la biomasse forestière avec deux objectifs principaux: la production d'énergie à partir des ressources forestières disponibles (bois est la première source durable d'énergie dans le monde, dont sa densité est importante non seulement pour l'estimation de la quantité de la biomasse, mais elle est aussi proportionnelle à son pouvoir calorifique). L'évaluation du stockage du carbone dans les arbres sur pied et les produits dérivés du bois. L'estimation de la biomasse peut être obtenue par des modèles directs (Zianis et al, 2005). Ou par des approches indirectes combinant le volume et les estimations de densité du bois dans les arbres (Vallet, 2005).

Plusieurs études récentes ont été menées, aboutissant au développement des algorithmes

Corresponding author: Kenouche Salim

E-mail: kennouchesalim@gmail.com

Adress :URMPE, University M'Hamed Bougara - Boumerdès avenue de l'indépendance, 3500 Boumerdès, Algeria

qui permettent la détection et la mesure automatique des nœuds présents dans les bois, avec un des taux de détection allant de 71 à 100 % dans les bois, par exploitation des images obtenues pendant l'opération de scanner à rayons X, (Longuetaud et.al 2012). La densité des bois par le scanner à rayons X, a été mis en exergue sur des échantillons cubiques (3*3*3) cm de bois tropical (Freyburger et al, 2009) aboutissant à la détermination rapide et non destructive de la carte de densité des échantillons analysés, qui laisse aussi des perspectives sur la détermination de quantité de la biomasse contenue dans les bois.

II. Matériel et méthodes

L'échantillonnage est effectué dans le massif forestier d'IAKOURANE (Tizi Ouzou, Algérie). Provenant d'arbre de chêne Zeen (*Quercus canariensis*), et chêne Afarès (*quercus Afarès*). Des éprouvettes sous forme parallélépipédique de dimension (2*2*25) cm sont usinés selon la direction longitudinale. Puis les échantillons sont préalablement mis dans la zone d'analyse de scanner à rayons X (Figure 1), les paramètres de l'opération de scanne sont ajusté de façon à obtenir des épaisseurs de scanne de 0.2 mm ainsi obtenir 9 images pour chaque échantillon. Le scanner à rayons X est basé sur la reconstruction des images à partir de l'atténuation de faisceaux de rayons X lancés selon différentes orientations dans un plan de coupe passant au travers du volume étudié. Dans la présente étude, un scanner de 3^{ème} génération a été utilisé, il est constitué d'une source de rayons X en rotation et d'un ensemble de récepteurs disposés en arc de cercle (Figure 1). La source génère un faisceau de photons d'ouverture assez large (faisceau en éventail ou en cône, pour englober entièrement l'objet étudié. Ce faisceau peut avoir des caractéristiques (largeur, énergie) variées, le principe général de fonctionnement du scanner est d'effectuer de multiples projections sous différents angles.

Cette analyse une méthode permettant d'obtenir des images de coupes d'un objet de façon non destructive. Les images sont reconstruites, des enregistrements automatiques d'images sur les surfaces de bois balayées pendant l'opération de scan.

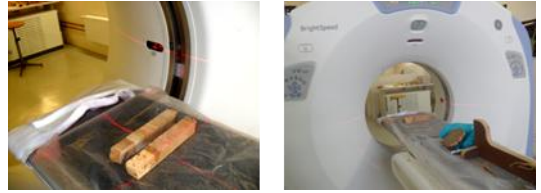


Fig.1. Photos du scanner à rayon X, et les éprouvettes analysées.

Les images récupérées sont traitées avec l'outil numérique libre Image-J, le traitement est effectué sur trois zones distinctes, la zone médiane, haute et basse des éprouvettes sur la totalité de l'épaisseur sur neuf surfaces d'analyse (figure 2).

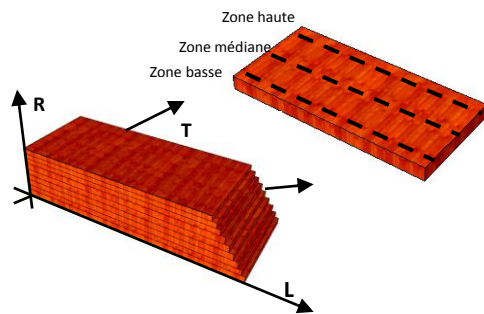


Fig. 2. Schéma représentatif de l'échantillon de bois de chêne analysé.

II.1. Résultats :

Le logiciel libre Image-J : (<http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>), permet la détermination du profil de densité dans chaque surface d'échantillon en chaque zone analysée (figure 3.b). Le principe de traitement des images après reconstitution du volume d'échantillon analysé, s'effectue par l'importation des neuf images obtenues après scan, puis passer au traitement sur l'outil numérique libre (Image-J). Les images sont un ensemble de points appelés pixels, Grundberg et Grönlund (1991) ont utilisé cinq classes de densités, celle relative à l'air qu'est compris entre 0 -250 Kg/m³, entre 250-775 kg/m³ pour le bois de cœur et les nœuds morts, 775-900 kg/m³ pour le bois de compression, celle d'aubier de bois est comprise entre 900-1000 kg/m³ et celle supérieures à 1100 kg/m³ représentent les nœuds sains.

Dans notre cas d'étude l'analyse s'est focalisé sur les trois zones (zone haute, zone médiane et basse) des échantillons de bois de chêne Zeen et Afarès analysés et sur neufs (09) profondeurs de scan, les résultats moyens obtenus après analyse sont résumés dans le tableau 1 et les graphes en figure 3.a suivants.

Table 1. Résultats des densités des échantillons de bois dans différentes zones analysées.

	Densité zone haut (kg/m ³)	Densité zone Médiane (kg/m ³)	Densité zone Basse (kg/m ³)	Ecart type
Chêne Zeen	1024.98	993.70	996.18	17.38
Chêne Afrès	1036.17	982.85	1012.59	26.71

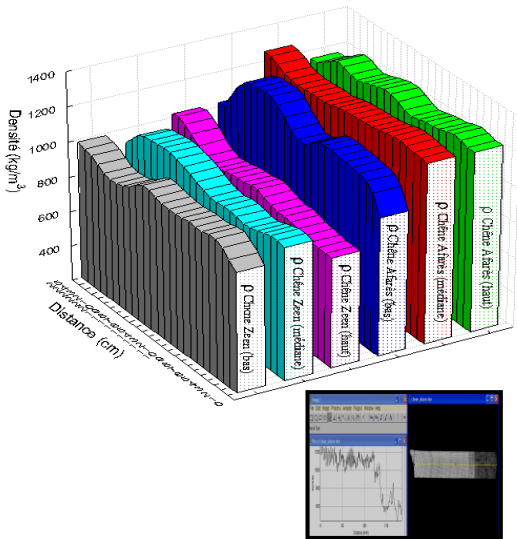


Fig. 3. Distribution de la densité moyenne dans les différents échantillons analysés.

Les résultats montrent des valeurs (tableau.1) de densités un peu élevées dans la zone haute des éprouvettes analysées, par apport aux autres, zones médiane et basse des échantillons de bois de chêne Zeen et Afarès scannés, aussi cette analyse a permis la mis en exergue de la densité élevée des échantillons de chêne Afrès comparant à celle du chêne Zeen, cela est

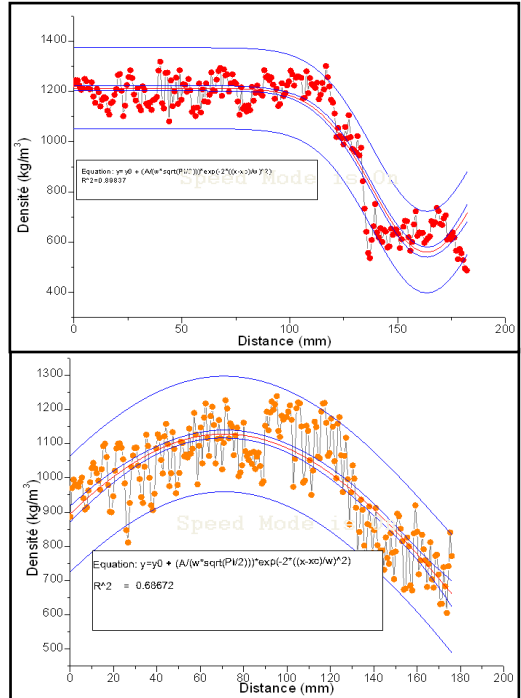


Fig.4. Analyse statistique des résultats sur la distribution de la densité des échantillons analysés.

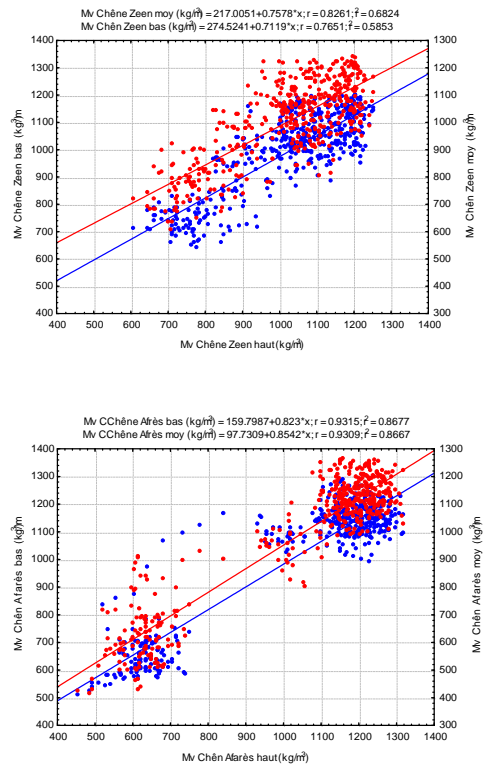


Fig.5. Corrélation entre les valeurs de densité dans chaque espèce en chaque zone analysée.

expliquer dans plusieurs travaux, qu'ont motionnés que la présence d'eau dans les échantillons analysés par tomographie à rayons X, Benson-Cooper et al. (1982) lors de leurs études sur des échantillons issus de différentes essences, leurs scannent à des niveaux d'humidité variable, ont montré des corrélations entre les coefficients d'atténuation et la densité et le taux d'humidité des échantillons étudiés.

III. Analyse des résultats :

L'analyse statistique des résultats obtenus montre que la distribution de la densité en fonction de la distance par rapport au cœur des éprouvettes, dans les deux types de bois de chêne étudié en balayant les trois zones d'analyse, suit une loi exponentielle non linéaire (figure 4), avec des coefficients de corrélation (R^2) qui varie de 0.68 à 0.90, aussi des corrélations ont été noté relever entre les valeurs de densité dans chaque espèce en chaque zone analysée varient linéairement ($y = a + bx$), les valeurs des coefficient de corrélation dans le cas du bois de chêne Afrès ($R^2 = 0.93$), et ($R^2 = 0.78$) dans le cas du chêne Zeen, cela explique une bonne distribution de la densité des bois de chêne Afrès par rapport à celui du chêne Zeen (figure 5), ce résultat, aussi est un indicateur préliminaire et indicatif sur les propriétés mécanique, car plus la densité des bois est élevée, plus les propriétés mécaniques du bois de chêne sont fortes (POLGE, 1966; Courtoisier, 1976), et un bon indicateur des propriétés du bois pour sa rétractibilité, ses propriétés mécaniques et son comportement à l'usinage, plus les bois sont dense, plus les efforts de coupe sont importants.

IV. Conclusion :

Les analyses densitométrique effectuer sur les échantillons de bois de chêne Zeen (*quercus canariensis*) et chêne Afrès (*quercus afares*) par la méthode de utilisée à LERMAB (Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur le Matériau Bois) par l'utilisation du scanner à rayon X, a permis l'obtention d'une cartographie de distribution de la densité des éprouvettes de bois de chêne Algérien. Cette technique est très intéressante, car elle permet un balayage des éprouvettes à plusieurs échelle en volume, ce qui permet d'avoir un maximum d'information sur les caractéristiques physiques dont l'étude à confirmer que la densité élevée

des bois de chêne, aussi une anticipation sur les caractéristiques mécaniques, voir technologique. L'acquisition par l'aide de l'outil numérique libre Image-J en utilisant les plugins disponibles appropriés, est avantageuse en termes de timing de traitement et d'obtention des résultats fiables, donc un outil d'aide vis-à-vis la caractérisation physiques et d'estimation quantitative de la matière. Cette méthode aussi est élargie à la détection des défauts présents dans les grumes d'arbres, dans ce contexte plusieurs travaux sont en cours afin d'élaborer les algorithmes de traitement rapide d'image récupérer lors du scanne des grumes (Longuetaud et al), ce qui permet une innovation industrielle dans le secteur du bois.

Références

- [1] Anon. Wikipédia, L'encyclopédie libre. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>, 2005b.
- [2] Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., and Mencuccini M., 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fenn. Monogr.* 4: 2–63.
- [3] Vallet P., 2005. Impact de différentes stratégies sylvicoles sur la fonction « puits de carbone » des peuplements forestiers. Modélisation et simulation à l'échelle de la parcelle. Doctoral thesis, École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, France.
- [4] Grundberg, S., Grönlund, A., 1991. Methods for reducing data when scanning for internal log defects. *Proceedings of the 4th International Conference on Scanning Technology in the Wood Industry.*, San Francisco, USA.
- [5] Benson-Cooper, D.M., Knowles, R.L., Thomson, F.J., Cown, D.J., 1982. Computed tomographic scanning for the detection of defects within logs. *FRI Bulletin*, Forest Research Institute, New Zealand. 1982. No. 8, 9 pp. 6 ref.
- [6] F. Longuetaud, F. Mothe, B. Kerautret, A. Krähenbühl, L. Hory, J.M. Leban, I. Debled-Rennesson, 2012. Automatic knot detection and measurements from X-ray CT images of wood: A review and validation of an improved algorithm on softwood samples. *Computers and Electronics in Agriculture* 85, 77–89.
- [7] Polge. H, 1966 : (Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants - Applications dans les domaines technologique et physiologique). Thèse de Doctorat ès-Sciences Appliquées, Université de Nancy I , Station de Recherches sur la Qualité des Bois, INRA-CRF, Nancy – Champenoux.

- [8] Courtoisier F., 1976. Étude des relations entre stations et qualité du bois de chêne en forêt de Bride et Saint-Jean. Mémoire 3e année de l'École nationale des ingénieurs des travaux des eaux et forêts, Nancy, France, 48 p.