

USINABILITE ET QUALIFICATION DES ETATS DE SURFACE DU CHENE ZEEN ALGERIEN (*Quercus canariensis Willd.*): cas de la station de Beni Ghobri, wilaya de Tizi Ouzou

Reçu le 05/01/2002– Accepté le 06/01/2003

Résumé

L'objet de notre étude porte sur la caractérisation technologique du chêne Zeen (*Quercus canariensis Willd.*) dont l'utilisation actuelle, peu valorisante, est la réalisation de traverses de chemin de fer et bois de trituration. La recherche des paramètres a été axée sur le matériau à usiner par l'étude de ses propriétés physico-chimiques, mécaniques et anatomiques; son usinabilité par la combinaison de trois facteurs de coupe: vitesse d'entraînement, vitesse de rotation, profondeur de passe et enfin, son état de surface où différentes méthodes ont permis son exploration.

Concernant l'analyse topographique des surfaces usinées, moyennant un système de vision artificielle, il est apparu une corrélation significative entre les critères d'analyse d'image et l'épaisseur moyenne du copeau. Dans l'ensemble, les méthodes précitées s'accordent pour classer les éprouvettes d'autant plus rugueuses que l'épaisseur moyenne du copeau est importante.

Au terme de ce travail, nous avons mesuré la contrainte d'arrachement d'un vernis nitrocellulosique appliqué sur les surfaces usinées. L'analyse des résultats a montré que la force d'arrachement augmente avec la rugosité.

Mots clés: chêne Zeen , usinabilité, qualité de surface, adhésion.

Abstract

The object of our research carries on the technological characterization of the Zeen oak (*Quercus canariensis Willd.*) of which the utilization present few valorisante, is the realization of railroad crossbars and wood working. The research of parameters has been centred on the material to manufacture by the survey of its physico-chemical, mechanical and anatomical properties; its manufacturing by the combination of three factors of cut: feed rate, spindle speed, depth of cut and finally its state of surface where different methods permitted its exploration.

Concerning the topographic analysis of surfaces manufactured in return for a system of artificial vision, appeared a meaningful interrelationship between criterias of picture analysis and the middle thickness of the chip. In the whole, the mentioned methods agree to classify the samples of as much rougher than the middle thickness of the chip is important. At the end of this work, we measured the constraint of extortion of a nitrocellulosique varnish applied on the manufactured surfaces. The analysis of results showed that the strength of extortion increases with the roughness.

Keywords: Zeen oak, manufacturing, quality of surface, adherence.

A. ZERIZER

Laboratoire des Sciences
et Techniques du Bois, F.S.I.
Département de Génie des Matériaux
Université A. Bouguerra
35000 Boumerdes, Algérie

A. MANSSERI

Faculté des Sciences
Département de Biologie
Université A. Bouguerra
Boumerdes, Algérie

ملخص

ينصب موضوع دراستنا على التمييز التكنولوجي لبلوط الزان الذي يستعمل حاليا مجفف يقتصر على إنجاز الجفة السكك الحديدية والخشب المسحوق. تمحور البحث عن المواصفات حول مادة التصنيع بدراسة خصائصها الفيزيوكيميا والميكانيكية والبنوية وتصنيفها بدمج ثلاثة عوامل للقطع: سرعة الانتقال، سرعة الدوران، عمق القطع وأخيرا حالة السطوح حيث سمحت عدة طرق بإستصقانها. فيما يخص التحليل الطبوغرافي للسطوح المصنعة الذي يتوسط نظام رؤية اصطناعي، يظهر ارتباط بلوغ بين معايير التحليل الصورة وبين السمك المتوسط للرائش في الإجمال الطرق المذكورة سابقا تتفق على تصنيف العينات أكثر خشونة كلما ارتفع السمك المتوسط للرائش عند نهاية هذا العمل، لقد قمنا بقياس جهد اقتلاع برنيق نيتروسيليلوزي الملصق على السطوح المصنعة بين تحليل نتائج أن قوة الإقتلاع تتزايد مع الخشونة.

الكلمات المفتاحية: بلوط الزان، التصنيعية، نوع السطوح، الإلتصاق.

La forêt algérienne est depuis quelques années l'objet d'un réel intérêt de la direction générale des forêts, essentiellement en raison des efforts importants de reboisement menés par le ministère de l'Agriculture.

Le patrimoine forestier national est composé essentiellement d'essences endémiques à croissance relativement lente. La récolte présente 15 à 20% de la possibilité globale estimée à environ 1.200.000 m³/an [1]. D'après Maatoug [2], la production nationale pour l'année 1993 était de 209.000m³. Cette production reste très faible par rapport aux possibilités et aux besoins évalués pour cette même année à 1.321.000m³. Pour cela, l'industrie du bois en Algérie est à 90% tributaire de l'importation tant en grumes qu'en débités. Pour la plupart des essences, l'emploi et l'utilisation constitue le débouché le plus valorisant. Mais cette valorisation passe par une connaissance précise des caractéristiques technologiques de ces essences. C'est pour pallier ce manque de connaissances qu'on a entrepris cette initiative de qualification des bois algériens. Cette nécessité de mieux connaître ces essences a été appliquée, dans un premier temps, au chêne zeen (*Quercus Canariensis Willd*) dont la principale utilisation actuelle, peu valorisante, est la réalisation de traverses de chemins de fer, bois de trituration et bois de feu.

En Algérie, Le chêne zeen occupe une place importante dans la hiérarchie économique des essences forestières: 65.000 ha [3]. Concentré dans le Nord, il colonise aujourd'hui quelques chaînons côtiers de l'Atlas tellien où il semble trouver des conditions propices à son développement. Les peuplements les plus beaux et les plus vigoureux sont surtout répandus depuis la Kabylie jusqu'à la frontière tunisienne, à l'Est. Les facteurs influant sur l'évolution de cette espèce sont le climat (stations fraîches et bien arrosées) et l'altitude (le chêne zeen prospère surtout en étage bioclimatique humide).

Dans un souci d'une meilleure valorisation de l'espèce, nous avons mis au point une démarche expérimentale qui consiste à déterminer et à faire ressortir par des essais d'usinabilité, une qualité de surface en accord avec le type de finition ou d'emploi.

1- ETAT DES CONNAISSANCES

La mesure d'un certain nombre de facteurs touchant :
 - à la pièce (essence, humidité, densité, dimensions),
 - à l'outil (nature, géométrie, nombre de dents),
 - aux conditions de coupe (profondeur de passe, avance, fréquence de rotation),
 est d'une grande importance et leur analyse permet une meilleure connaissance des processus d'usinage. Nous pouvons donc définir l'usinabilité par l'aptitude d'un matériau à être amené à des dimensions et formes déterminées, avec un état de surface défini par une ou plusieurs opérations d'usinage.

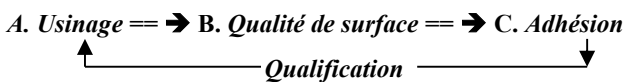
L'état de surface peut changer physiquement d'aspect lorsqu'on usine un matériau avec une vitesse de coupe élevée et une vitesse d'avance relativement faible: ce changement d'aspect de la surface peut résulter aussi d'un outil mal affûté qui ne coupe plus, d'où le brunissement de la surface en contact avec l'outil. La vitesse de coupe évite le décollement des fibres et permet d'obtenir un meilleur état de surface [4, 5]. La densité du bois est un facteur déterminant de l'aptitude du bois à l'effort de coupe [6] ou à l'usinage [7].

La qualité de surface, au même titre que les composantes normales de l'effort, sont très sensibles à la géométrie du profil de l'outil de coupe [8].

2- MATERIELS ET METHODES

2.1- Procédure générale

Compte tenu des moyens expérimentaux disponibles, le protocole suivant a été mis en place. La procédure expérimentale arrêtée est définie par le diagramme suivant:



L'expérimentation a pris en compte l'utilisation d'échantillons issus de billons prélevés auprès de la forêt de Beni-Ghobri (Wilaya de Tizi-Ouzou) distante d'une centaine de kilomètres à l'Est d'Alger.

2.2- Usinabilité du chêne zeen

Plusieurs machines pouvaient dès lors présenter un

intérêt, c'est la toupie qui a été retenue:

- Variation de la vitesse de la broche,
- Variation de l'avance (entraîneur),
- Choix de l'outil,
- Choix de la profondeur de passe,
- Choix du mode de travail,
- Montage simple.

Pour les essais relatifs à la présente étude, nous avons retenu la combinaison de deux vitesses d'avance, deux profondeurs de passe, deux fréquences de rotation pour un ensemble de quatre répétitions, soit 32 essais. Le choix des conditions a été arrêté sur la base des conditions optimales habituellement utilisées en milieu industriel et dont les paramètres sont issus de la norme AFNOR 1995 [9]. Le tableau 1 résume les paramètres d'usinage retenus.

Désignation des paramètres	Variables d'action
Type d'outil (Fraise en Carbure) D : diamètre 120mm, $\gamma=25^\circ, \beta=50^\circ, \alpha=15^\circ$	-
Sens de coupe : Opposition	-
Fréquence de rotation : N	2500 et 5000 tr/mn
Vitesse d'avance : Vf	13 et 17 m/mn
Profondeur de passe : p	3 et 7 mm

Tableau 1: Paramètres d'usinage retenus [23].

Dans la suite de l'article, et notamment dans les résultats, il sera question surtout de l'épaisseur moyenne du copeau Em , laquelle est liée aux paramètres N , Vf et P par la formule de Schlesinger.

Pour chaque variable d'action retenue par série de manipulation, Em varie systématiquement et devient de ce fait le paramètre représentatif de N , Vf et P .

$$Em = \frac{Vf}{NZ} \sqrt{\frac{P}{D}}$$

2.3- Caractérisation des états de surfaces

Une fois les surfaces requises obtenues, la qualité de l'usinage est mesurée par deux méthodes:

- Mesure par palpé mécanique au moyen d'un banc de mesure de profil où le critère Ra est utilisé comme critère standard (Fig.1).

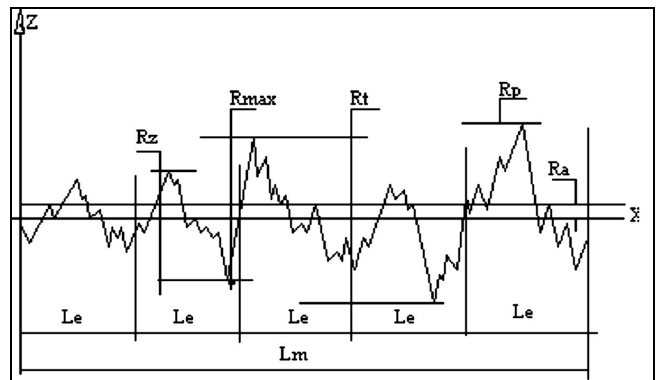


Figure 1: Description des surfaces avec Ra comme critère [5].

- Mesure par vision artificielle au moyen d'un scanner commercial de type "SNAPSCAN AGFA" permettant la capture de l'image et sa numérisation. L'inspection, la détection et le traitement de l'image sont faites dans le sens de l'usinage suivant lequel les éprouvettes ont été palpées. Les critères adoptés dans ce cas sont la moyenne et l'écart-type des niveaux de gris. Ce choix n'est pas discuté dans cet article et a été établi pour apporter simplement un résultat comparatif à celui obtenu par palpé mécanique [5].

2.4- Caractéristiques mécaniques des surfaces vernies

Le revêtement du bois est l'une des pratiques technologiques ayant pour but la protection du matériau et son embellissement en faisant ressortir son veinage et sa texture.

Sur les échantillons revêtus d'une couche de vernis nitrocellulosique, on fixe au centre un cylindre métallique de 20mm de diamètre [10] à l'aide de l'adhésif époxyde à deux constituants (50% résine + 50% durcisseur). Le durcissement du joint ainsi collé s'effectue en 48 heures sous une charge de 5 kilogrammes. L'ensemble échantillon-cylindre est placé entre les mâchoires du dynamomètre à l'aide d'un dispositif élaboré pour ce type d'essai, puis on procède à l'arrachement du cylindre par traction (mesure de l'adhérence du film de vernis à son support) moyennant un dynamomètre de type MT250 M2) à vitesse constante de 50 mm/mn [11]. L'intensité de la force de traction qui provoque la rupture du vernis de l'éprouvette est indiquée directement sur un disque gradué en daN. La disjonction se fait automatiquement à la rupture [12-14].

Pour chaque assemblage d'essais, l'adhérence A est donnée par la formule $A = 4F/\pi D^2$ MPa où F est la force de rupture (N) et D le diamètre du cylindre (mm).

3- RESULTATS

3.1- Usinabilité du chêne zeen

Le tableau 2 met en évidence les conditions de coupe (V_f , N , a) en liaison avec l'épaisseur moyenne du copeau.

V_f (m/mn)	N (tr/mn)	a (mm)	Em (mm) calculé
13	2500	3	0,27
17	2500	3	0,36
13	5000	3	0,14
17	5000	3	0,18
13	2500	7	0,42
17	2500	7	0,55
13	5000	7	0,21
17	5000	7	0,27

Tableau 2: Conditions de coupe retenues [23].

3.2- Descriptions des surfaces usinées

Toutes les surfaces usinées suivant les conditions de coupe décrites ci-dessus ont été caractérisées soit par rugosimétrie [15-17] au moyen du critère Ra (Fig.1): écart moyen arithmétique de la rugosité par rapport à la ligne moyenne [normes françaises] et par vision artificielle [18-21].

Cette description des caractéristiques des surfaces ou mesure de la rugosité de surface, lie aussi bien la production de la surface (usinage) et son application (adhésion d'un vernis). L'ensemble des résultats est illustré dans les figures 2 et 3 et exprimé sur la base du seul paramètre Em .

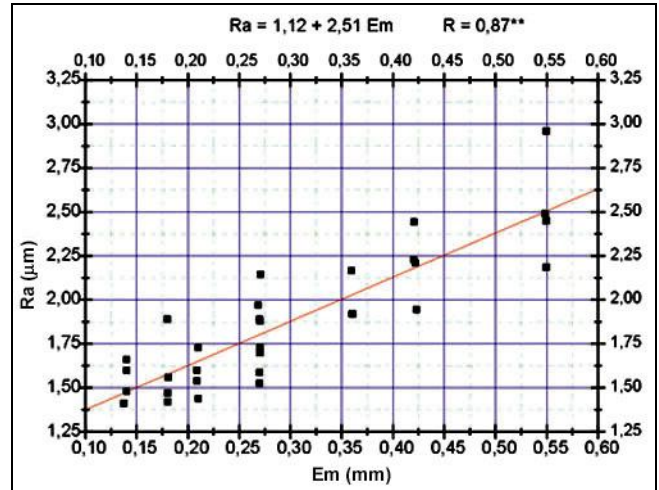


Figure 2: Influence de Em sur Ra .

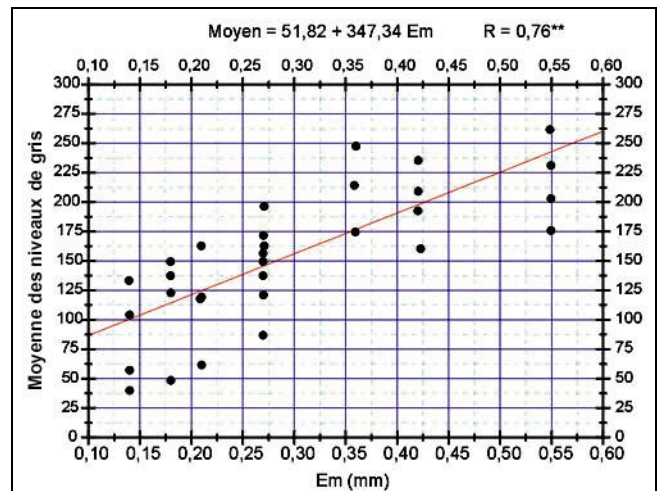


Figure 3: Influence de Em sur la moyenne des niveaux de gris.

3.3- Comportement mécanique des surfaces vernies

La fiabilité des résultats d'essais mécanique dépend du type de vernis utilisé, des conditions d'utilisation, de la nature et de la qualité des surfaces. La topographie de surface ou rugosité est un facteur primordial pour la qualité d'adhésion [22].

La figure 4 montre les variations des caractéristiques mécaniques exprimées par la contrainte d'arrachement. En dépit d'une dispersion assez importante dans les valeurs, il y a liaison significative entre la rugosité de surface et les caractéristiques mécaniques dues à l'adhésion.

Une variation de surface de $1\mu m$ engendre une variation de contrainte de presque 1MPa.

La variation des résultats peut s'expliquer par la nature et la structure du matériau. A travers chacun des paramètres d'usinage, la qualité de l'adhésion est directement liée à

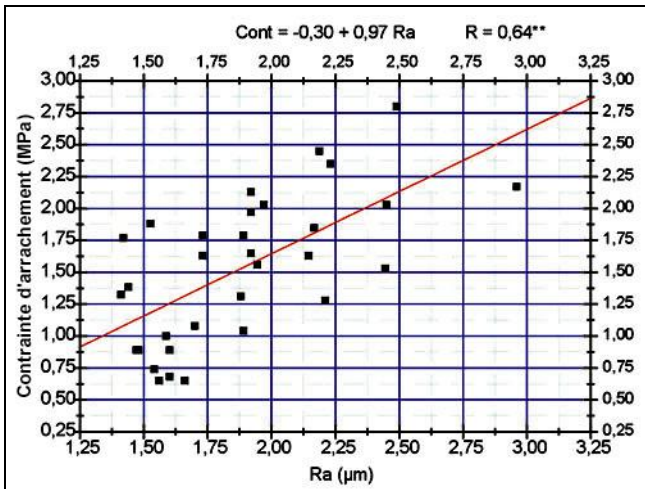


Figure 4: Relation entre le critère Ra et la contrainte d'arrachement [23].

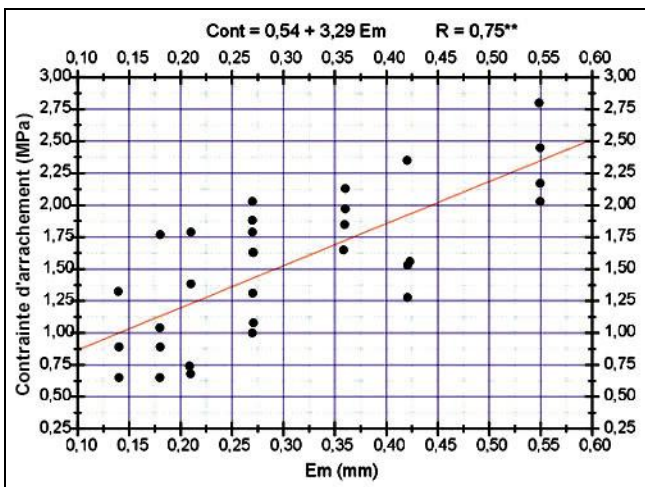


Figure 5: Influence de l'épaisseur moyenne du copeau (E_m) sur la contrainte d'arrachement [23].

l'épaisseur moyenne du copeau E_m (Fig.5).

Il est d'une importance capitale que le critère conditionnant les surfaces par une condition d'usinage donnée soit défini par rapport à l'application en question (traitement de finition : vernissage). Dans le cas de notre article, un haut degré de rugosité est exigé pour une meilleure adhésion. Cette rugosité de surface est limitée au 3^{ème} et 4^{ème} ordre et bien sûr aux déviations de forme et ondulation (1^{er} et 2^{ème} ordre). Il résulte de ces essais que la contrainte d'arrachement est liée aux différentes conditions de coupe regroupées autour du seul paramètre E_m . Il demeure, néanmoins, que de l'ensemble de ces manipulations, l'état de surface obtenu apparaît comme un facteur prépondérant et explicatif de la contrainte.

L'analyse de l'adhésion des surfaces reste tributaire de la mouillabilité de surface [22].

4- DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette étude met en valeur les conditions d'usinage correspondant à une qualité de surface définie par son utilisation. Il en ressort qu'une surface rugueuse donne une

grande contrainte d'arrachement lors des adhésions de surface.

Le seul paramètre E_m , constitue un moyen de description correct de tous les paramètres d'usinage. Bien qu'il y ait une liaison linéaire entre la contrainte d'arrachement et E_m , le rapport de ces paramètres sera limité pour les conditions réelles d'utilisation $E_m = 0,22-0,42$ et c'est dans ce contexte que l'usinage produira des surfaces aux caractéristiques mécaniques élevées.

L'utilisation pratique de nos résultats, pour les conditions expérimentales retenues, attire l'attention sur le fait que les équations de régression ne sont pas directement transposables en milieu industriel, mais qu'elles exigent des ajustements propres. L'objectif final est de déterminer les bonnes conditions de coupe et la méthodologie du COM (Couple Outil Matière) pourrait être utilisée.

REFERENCES

- [1]- BNEDER (Bureau d'étude national du développement rural): Inventaire forestier national, (1984), 30p.
- [2]- Maatoug M., "Evolution de quelques propriétés de base du bois de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en fonction de l'âge du peuplement, conséquence sur la valorisation industrielle du bois de cette essence", Thèse de magister, Spécialité forestière, INA El Harrach, (1997), 128p.
- [3]- Boudy, "Economie forestière nord africaine. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie", Editions Larose, Paris, (1955), 483 p.
- [4]- Zerizer A., "Etude des efforts de coupe et de l'état de surface en toupillage", DEA Sciences du bois, ESSTIB, LACN Université de Nancy1, (1988).
- [5]- Zerizer A., "Contribution à l'étude de l'usinabilité du MDF (Medium Density Fiberboard)", Thèse de doctorat de l'université de Nancy I en Sciences du Bois, (1991), 177p.
- [6]- Aguilera A., Meausoone P.J., Martin P., "Wood material influence in routing operations : the MDF case", *Holz als roh-und werkstoff*, vol.58 (2000), pp.278-283.
- [7]- Triboulot P., Sales C., Zerizer A., Martin P., "Correlation of fracture toughness of bonded joints with quality (Roughness) of knife planed MDF surfaces", *Holzforschung*, vol. 49(5), (1995), pp.465-470.
- [8]- Aboutaleb A., "Prédiction de la qualité des surfaces usinées : cas de fraisage en finition 2D", Mémoire de Magister. Département de génie mécanique, Université de Boumerdès (2001).
- [9]- NORME AFNOR, Domaine de fonctionnement des outils coupants. Couple outil matière Partie 6 : mode d'obtention du couple outil matière en fraisage. Indice de classement E66-520-6 (1995).
- [10]- ISO, Peinture et vernis. Essai de traction, ISO 4624, pp1-7 (1978).
- [11]- Aliouane A., "Etude de l'adhésivité des revêtements à l'aide d'essais mécaniques", Thèse d'Ingénieur, IIM Boumerdès, Université de Boumerdès, (1997), 28p.
- [12]- Champetier G. et Rabate H., "Physique des peintures, vernis et pigments", Tome II, Editeur Dunod, Paris, (1962b), 399p.
- [13]- Grandou P. et Pasteur P., "Peintures et vernis. Les constituants : liants, solvants, plastifiants, pigments, colorants, charges, adjuvants", Edition Hermann, (1978b), 944p.
- [14]- Zotov A., "Valeurs normatives des revêtements de bois. Industrie du bois", (1987), 26p.
- [15]- Galley C., Mothe G. et Boury S., "Recherche de critère de rugosité adaptés à la qualification de chants usinés de LVL

- (Lanimated Veneer Lumber)", *Annales des sciences forestières*, N°55, (1998), pp.599-612.
- [16]- Perthen, : Manuel de service du Perthometer, S6p. Perthen : Appareil de contrôle d'état de surface, Feinprüf GmbH, Gottingen, (1985), 40p.
- [17]- Triboulot P., "Réflexions sur les surfaces et mesures des états de surface du bois", *Annales des sciences forestières*, 41 (3), (1984), pp.335-354.
- [18]- Chekroun D., "La vision artificielle 1: Méthodes et dispositifs de captation de l'image", *Le manuel automatisme*, Novembre/Décembre (1984), pp.49-54.
- [19]- Faust T.D., "Real time measurement of veneer surface roughness by image analysis", *Forest products research society*, (1987), pp.34-40.
- [20]- Lepetit H., Triboulot P. et Martin P., "Caractérisation de qualité de surface bois par analyse d'image", Troisième colloque sciences et industrie du bois, Bordeaux, Mai (1990).
- [21]- Peyrucat J.F., "Vision artificielle à chacun sa façon de voir", Dossier mesures, 20 Mai (1986), pp.87-94.
- [22]- Rozumek O., "Etude de la mouillabilité d'un matériau cellulosique: le bois. Relation mouillabilité adhésion", thèse de doctorat. Université de Haute Alsace, (1986).
- [23]- Mansseri A., "Caractérisation technologique du bois de chêne zeen (*quercus canariensis willd*) : cas de la station de Beni Ghobri wilaya de Tizi Ouzou, Algérie. Thèse de Magister, université de Boumerdès (1999). □