

Valorisation et étude des propriétés mécaniques et physiques du bois de chêne Afarès en Algérie

R.Akkal*; H.Aknouche ; F.Krouchi ; A.Derridj

Unité de Recherche Matériaux, Procédés, Environnement, Université de Boumerdès, Algérie
Laboratoire de production, amélioration et protection des végétaux et des denrées alimentaires, UMMTO

*Corresponding author: r.akkal@univ-boumerdes.dz ;Tel.:+213792732794

ARTICLE INFO

Article History :

Received :30/08/2022

Accepted:10/12/2022

Key Words:

Chêne afarès,
Propriétés physiques,
Propriétés mécaniques
Qualité du bois; Algérie.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: Le but du travail consistait à caractériser les propriétés physiques et mécaniques du bois de chêne Afarès et de rendre compte de ses qualifications. L'étude a été réalisée dans une partie de la forêt d'Akfadou et l'autre dans la forêt de Jijel. Les essais physiques et mécaniques ont porté sur un effectif de 20 éprouvettes normalisées, prélevées sur un ensemble de 08 arbres abattus. Le travail montre l'effet de l'arbre et de la station sur les propriétés physiques et mécaniques ; les caractéristiques propres à l'arbre jouent un rôle prépondérant dans le déterminisme des composantes des retraits, d'humidité, masse volumique, flexion, cisaillement et compression. Les résultats situent le bois de chêne afarès dans la catégorie des bois à fort retrait, nerveux à très nerveux et de mi-lourds à lourds. Les résultats attestent que les retraits axial, tangentiel et radial demeurent élevés. Les différents résultats de cette expertise, montrent l'influence des effets stations sur les propriétés de l'essence considérée, on remarque aussi, qu'elle a des caractéristiques mécaniques intéressantes pour les différentes stations, ce qui nous laisse supposer son utilisation dans les structures en bois (maison, hangar,...)

I. Introduction

L'Algérie dispose d'une ressource forestière caractérisée par une grande variabilité associée à toute la gamme de bioclimats méditerranéens, depuis le bioclimat humide jusqu'au bioclimat saharien (Louni, 1994). Malgré cette diversité, les forêts algériennes sont dominées par un nombre limité d'espèces ou de groupes d'espèces de plantation ou de forêt naturelle dont certaines fortement endémiques : pin d'Alep, *Pinus halepensis*, eucalyptus, *Eucalyptus* spp., chêne zéen, *Quercus canariensis*, chêne afarès, *Quercus afares*, cèdres, *Cedrus* spp., chêne vert, *Quercus rotundifolia*, pin maritime, *Pinus pinaster*, chêne-liège, *Quercus suber*. Les surfaces occupées par ces espèces au niveau national sont très variables.

Le chêne afarès est un chêne à feuilles caduques, elles sont dentées, l'écorce ressemble à celle du chêne liège mais son liège est fragile et sec. Il fructifie tous les deux ans ; son bois est caractérisé par un : retrait axiale de 0.15, un retrait tangentiel 9.65 et retrait radial de 5.17 et un retrait volumétrique total de 18.41, il est utilisé pour la menuiserie, c'est un bon combustible. Cette espèce recouvre environ 10.000 ha en kabylie et à l'Est de l'Algérie (Jijel, Guelma et Souk Ahras) est un arbre de 1^{ère} grandeur (il peut atteindre 30 m de hauteur). Les résultats attestent que les retraits axial, tangentiel et radial Le bois de chêne Afarès des différentes forêts algériennes se caractérise par des retraits (RT=7.93%), (RL= 1.87%), (RR= 8.14%) et masses volumiques (Mv= 1000.47 MPa) élevées, ses propriétés sont soumises d'avantage à l'effet

arbre qu'à l'effet station. Les résultats obtenus pour les caractéristiques mécaniques sont très élevés ($M_{Young} = 8442.108$ MPa), ($Cr = 158.66$ MPa) et concordent avec les résultats de la masse volumique.

L'adoption du bois en tant que matériau de construction renouvelable et biodégradable a été promue à l'échelle internationale pour répondre à l'impératif de protection des ressources naturelles de la planète, à la préservation de l'équilibre écologique et à la lutte contre les effets de serre et le réchauffement climatique. Dans le cadre de son utilisation industrielle, il est crucial de comprendre en détail les propriétés physiques et mécaniques du bois afin de garantir une valorisation optimale de cette ressource précieuse (Smith, 2016 ; Jones et al., 2020, Loubar, K., et al. 2020).

II. Matériels et méthodes

1. Origine des bois

La forêt de l'Akfadou, située à 160 km environ à l'est d'Alger et distante de 20 km de la mer, dépend administrativement des départements de Bejaïa et de Tizi-Ouzou. Le massif forestier s'étend sur une superficie d'environ 11 000 ha, soit 18 % de la chênaie caducifoliée d'Algérie. Son orographie est assez compliquée: elle s'articule autour d'une succession de lignes de crête globalement orientées nord-est et sud-ouest. Généralement, le relief est assez accidenté (pentes de 15 % à 45 %), notamment dans sa partie sud-orientale, l'altitude de l'Akfadou variant de 800 m à 1 646 m. Le climat est de type humide à variante tempérée (Messaoudène, 1989).

La forêt d'Akfadou est constituée essentiellement de peuplements de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.), de chêne afarès (*Q. afares* Pomel) et de chêne liège (*Quercus suber* L.). Ces peuplements présentent une mosaïque d'âges divers. Le chêne zéen est l'essence dominante jusqu'à 1 646 m d'altitude, où il occupe environ 45 % de la superficie boisée. Ses sols sont acides et présentent une texture limono-sableuse les versants sud et sud-ouest et les terrains caractérisés par des sols plus ou moins argileux.

La forêt se situe dans la zone bioclimatique humide à variante tempérée, avec une tranche pluviométrique annuelle comprise entre 900 et 1 400 mm, un régime saisonnier de type Hpae (Messaoudène, Tessier, 1991; Tafer, 2000). Elle est constituée de formations à *Q. canariensis*, *Q. afares* et *Q. suber*.

Le forêt de Jijel est étendu sur 130878.5ha, soit 54.56% du territoire de la wilaya de Jijel, situé à 518 mètres d'altitude, elle est un élément essentiel et structurant de la région. Elle est omniprésente dans les paysages. Par sa masse et sa diversité, elle

constitue un facteur incontournable, voire indispensable au développement régional. Cette forêt, à une densité variable, est néanmoins inégalement répartie. Elle se concentre surtout à l'Ouest et au Sud de la wilaya. (H.TAHAR, 2008).

Son couvert végétal se caractérise par une diversité des essences et une dynamique de croissance résultant de conditions édaphoclimatique favorables. Elle renferme les plus beaux peuplements de chêne zéen à l'échelle nationale composés de formations climacique de chêne zéen pur et de chêne afarès pur ainsi que des formations de chêne liège présent en belle formations avec ces différents groupement, des formations de mélange entre chêne zéen et chêne afarès existent également.

Les caractéristiques climatiques peuvent être observées à partir des enregistrements des dix dernières années de la station météorologique la plus proche (Prevot, 1999). Notre région d'étude, qui fait partie du littoral Algérien, bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux, et une pluviométrie importante, caractéristique des zones méditerranéennes. Elle se classe parmi les régions les plus arrosées d'Algérie.

1. Choix des stations et des arbres

Compte tenu des critères de choix des arbres et des stations, 3 stations ont été sélectionnées et Pour chaque station, quatre arbres de 8 à 10 m de hauteur et de 25 à 40 cm de diamètre ont été sélectionnés. L'âge des arbres est estimé compris entre 20 et 40 ans mais n'est pas connu précisément ; ces arbres sont considérés comme matures. Les principales caractéristiques des stations et des arbres étudiés sont récapitulées dans le tableau I

2. Collecte, préparation du bois et essais physiques

Le prélèvement, le façonnage, le conditionnement du matériau, le débit des planches en ébauches, la confection des éprouvettes et les essais ont été réalisés selon les normes internationales (Iso) pour l'ensemble des essais physiques. Pour ces essais, on s'est inspiré aussi des recommandations de nombreux auteurs (Marchal, 1995).

Les bois tronçonnés sous forme de grumes de 1m ont été transporté au laboratoire de l'université de Boumerdès. Les grumes ont été conditionnées dans l'eau dans un bassin pendant 10 jours. Après conditionnement, les grumes sont récupérées, tracées transversalement afin d'obtenir une bonne orientation des cernes, puis découpées à l'aide d'une scie à table en billons d'environ 50mm.

Puis raboter en raboteuse pour obtenir des surfaces améliorées. Et en fin on va les éprouvettes seront finies en scie à ruban.

Avant essai, les éprouvettes ont été stabilisées en salle climatisée à 20 °C et 65 % d'humidité relative (taux d'humidité théorique du bois de 12 %) durant 25 jours.

Le prélèvement des éprouvettes d'essai est effectué en se conformant aux différentes normes en vigueur et cela pour chaque caractéristique physique ou mécanique (figure 01)

Les essais ont porté principalement sur : l'humidité, la masse volumique, retrait (radial, tangentiel et longitudinal) , la résistance à la flexion statique à quatre points, l'essai de cisaillement et l'essai de compression axiale.

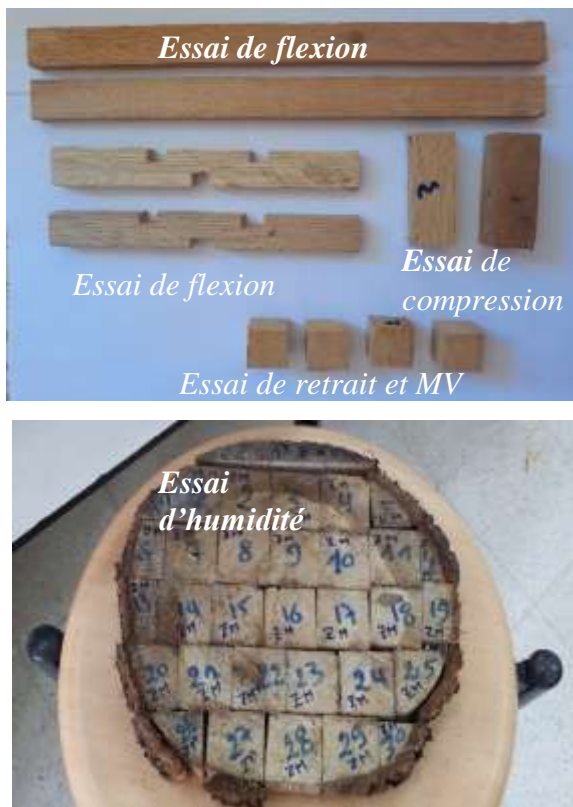


Figure 01: Echantillons des essais réalisés

Les essais mécaniques ont été réalisés sur une machine ZWICK (figure 02) universelle d'une capacité maximale de 250KN pilotée par un ordinateur équipé du logiciel test Xpert V9.0. Le banc d'essai est constitué d'une traverse mobile avec deux appuis cylindriques horizontaux de 30 mm de diamètre, la distance séparant leurs axes est de 320 mm. Le banc contient aussi une rotule comportant deux cylindres horizontaux de 55mm de diamètres et dont les axes sont distants de 160mm. La charge de flexion est répartie symétriquement en

deux charges égales équidistantes des appuis du banc de flexion.



Figure 02: machine ZWICK universelle

III. Analyse des données :

Les fluctuations des valeurs des caractères sont évaluées par l'analyse des courbes des valeurs moyennes plus ou moins les écarts-types et les coefficients de variation. Pour mettre en évidence l'effet « arbre » et l'effet « station » sur l'ensemble des caractères physiques et mécaniques.

la mise en évidence des relations entre les caractères étudiés et les variables du milieu et dendrométriques, les coefficients de corrélation ont été calculés. Dans ce cas, le nombre d'observations concerne les 8 arbres et les variables sont les propriétés physiques et mécaniques, les caractéristiques du milieu (altitude et pente) et des arbres : âge, diamètre à 1,30 m du sol (D1,30 m), recouvrement du houppier par rapport au sol (Rec), largeur du cerne (LC) et hauteur totale (Ht).

Facteurs du milieu	Station		
	S1	S2	S3
Altitude (m)	900	800	1121
Exposition	S	N- NE	O- S
Pente %	50	25	40
Densité des arbres/ha	650	500	130
Diamètre moyen (cm)	25,3	32,3	33,7
Hauteur moyenne (m)	11,80	19,70	20,23
Recouvrement %	60	75	54,56
Peuplement	CL, CZ, CA	CZ	CZ
Age moyen	40	27	28
LC (mm)	2,10	1,10	2,3
Texture du sol	SL	SL	Argile Siliceux

Tableau 01 : caractéristiques des stations étudiées
 LC : largeur des cerne.

CL : chêne liège ; CZ : chêne zéen ; CA : chêne afares.

SL = sablo-limoneux.

Station	Module de YOUNG (Mpa)	Contrainte de repture (Mpa)	H	MV	RT	RL	RR
Mehaga	8125,36	133,74	39,38	956,02	7,22	1,91	7,31
Iger sefene	9364,11	198,32	37,54	945,32	6,54	2,30	7,28
Jijel	7805,58	189,43	35,59	920,54	6,89	2,62	7,31
Moyenne	8431,68	173,83	37,50	940,63	6,88	2,28	7,51
Ecart type	823,18	35,00	1,90	18,20	0,34	0,36	0,42

Tableau II : résultats des essais réalisés

IV. Discussion :

Comparaison des résultats entre les stations et entre les arbres

Les résultats obtenus pour tous les caractères étudiés sont récapitulés dans le tableau II. Nous constatons que les valeurs se varient légèrement entre les trois stations.

La variation dimensionnelle est expliquée par le caractère orthotrope du matériau bois, car le bois est un matériau fibreux tel qu'un ensemble de fibres tissées dans les trois directions et cela

influence les propriétés physiques tel que la masse volumique.

Quelque résultat des masses volumiques de diverses espèces de bois cité dans les travaux (Tro et Al) dans le tableau III suivant:

Espèce	Masse volumique Mg/m ³
Pin d'Alep	0.57
Eucalyptus	0.65
Sapin	0.55
Hêtre	0.75

Tableau III : résultats des Mv pour différentes espèces

Essence	Rr	Rt
Q.canariensis	5-9%	9-11,22%
Q. afarès	6-8%	9-11,70%
Q.ilex	4,7%	10,3%
Q.pubescens	4,5%	9,1%
Q.sessiliflora	3,4%	13%
Q.pedunculata	31,5%	12,5%
Q. rubra	3,6%	6,7%
Q. suber	6-8%	6-9%

Tableau IV: comparaison des retraits es différents chênes (Deret-Varcin 1983, Marchal 1995, Beaudoin 1996, Dautrebande 1989).

Les propriétés mécaniques du bois caractérisent la rigidité et la résistance du bois face aux forces qui tendent à le déformer. En effet, le bois est un solide déformable qui réagit à l'application des charges en se déformant sous leurs effets.

Les valeurs des propriétés mécaniques impliquées dans l'équation de Hook pour les bois résineux et les bois feuillus séchés au voisinage de l'humidité de 51% et à l'état vert sont fournies dans différentes références (Hearmon 1948; Kollmann et Côté 1968; Bodig et Jayne 1982; Mudry 1986). Parmi ces références, Bodig et Jayne (1982) présentent une excellente synthèse des propriétés mécaniques pour différentes espèces.

Les propriétés mécaniques du bois sont sensibles à la variation de son état physique. Parmi les influences physiques, les paramètres principaux sont la densité, la teneur en humidité et la température. Lors du séchage du bois, l'influence de la température et de la teneur en humidité sur le comportement mécanique du bois est très marquée. La complexité du comportement du bois est multipliée par les variations de ses propriétés

mécaniques avec la température et la teneur en humidité et l'interaction entre elles. Beaucoup de travaux ont été effectués sur cet aspect (Thunell 1941, Sulzberger 1953, Byvshykh 1960, Kollmann et Côté 1968, Bodig et Goodman 1973, Gerhards 1982, Bazant 1985, Koponen et al. 1991)

Les résultats des corrélations mentionnés dans la matrice de corrélation (tableau V) montre des corrélations dispersées entre les résultats des propriétés physicomécaniques des bois de chêne afarès dans le même arbre en entre la même espèce de différente station.

On note une bonne corrélation entre M_v et le module de YOUNG avec un coefficient de corrélation estimé à 0.84 (Zhang. 1997, a trouvé des corrélations significatives estimées à 0.61), de même des bonne corrélations entre M_v et la flexion à quartes points avec un coefficient de 0.80.

La matrice montre que le retrait longitudinal (RL) présente des corrélations positives avec $RT_{1,4}$ et RR et négative pour $RT_{2,3}$

La M_v et corrélé positivement avec RT_2 , $RL_{1, 2,3}$, et RR_{2net} négativement avec $RT_{1,3,4}$ RL_4 et $RR_{1,3,4}$.

Avec les liaisons obtenus on retient l'effet majeur des variables dendrométriques sur les propriétés physiques Cet effet apparaît jouer un rôle plus important que l'effet station. Polge (1973), Nepveu et Madesclaire (1986) et Mazet et al. (1990) aboutissent au même constat. Les auteurs soulignent que l'effet station, le plus souvent, n'est pas significatif pour les critères de qualité du bois.

LC (mm)	Age moyen	Recouvrement %	Hauteur moyenne (m)	Diamètre moyen (cm)	Densité arbres/ha	Pente %	Altitude (m)	
-0,32	0,72	0,42	-0,80	-0,86	1,00	0,23	-0,79	humidité
0,88	0,80	-0,82	-0,72	-0,65	0,10	1,00	0,47	
-0,96	-0,66	0,93	0,56	0,47	0,11	-0,96	-0,65	
0,41	-0,65	-0,50	0,74	0,80	-1,00	-0,14	0,85	
0,91	0,00	-0,94	0,13	0,22	-0,74	0,54	0,99	masse volumique
0,50	1,00	-0,41	-0,98	-0,95	0,60	0,89	-0,05	
0,77	-0,25	-0,84	0,36	0,46	-0,88	0,32	0,99	
-0,90	-0,78	0,85	0,69	0,62	-0,06	-0,99	-0,51	
0,21	0,97	-0,10	-0,99	-1,00	0,82	0,70	-0,36	retrait tangentiel
-0,14	-0,96	0,04	0,99	1,00	-0,86	-0,65	0,42	
-0,92	-0,74	0,88	0,65	0,57	0,00	-0,99	-0,56	
-0,42	0,64	0,51	-0,74	-0,80	1,00	0,13	-0,85	
0,65	0,96	-0,57	-0,92	-0,88	0,45	0,96	0,13	retrait longitudinal
-0,83	-0,86	0,76	0,79	0,73	-0,20	-1,00	-0,38	
0,70	0,94	-0,62	-0,89	-0,84	0,39	0,97	0,19	
0,91	0,02	-0,95	0,10	0,20	-0,73	0,56	0,99	
-0,32	0,72	0,42	-0,80	-0,86	1,00	0,23	-0,79	retrait radial
0,80	0,88	-0,73	-0,82	-0,76	0,25	1,00	0,34	
0,80	0,88	-0,74	-0,81	-0,75	0,24	1,00	0,34	
0,25	0,98	-0,15	-1,00	-1,00	0,80	0,73	-0,32	
0,52	0,99	-0,43	-0,97	-0,95	0,59	0,90	-0,04	module de Young
0,58	-0,49	-0,66	0,60	0,67	-0,97	0,06	0,93	
-1,00	-0,40	1,00	0,28	0,18	0,41	-0,83	-0,85	
0,39	-0,67	-0,48	0,76	0,82	-1,00	-0,17	0,83	
0,92	0,74	-0,88	-0,65	-0,57	0,00	0,99	0,56	contrainte de rupture (Mpa)
-0,68	0,38	0,75	-0,49	-0,57	0,94	-0,18	-0,97	
0,53	0,99	-0,44	-0,97	-0,94	0,57	0,90	-0,02	
0,28	0,99	-0,18	-1,00	-1,00	0,78	0,75	-0,30	

Tableau V: corrélation entre les différentes propriétés

V. Conclusion :

L'objectif de ces travaux est la caractérisation des propriétés du bois de chêne afarès algérien afin de permettre aux entreprises de transformation de l'évaluer sous forme de bois d'œuvre.

Les mesures de masse volumique montre que le bois du chêne afarès est très lourd.

Le retrait radial et tangentiel observés sont moyens à élevés chez le chêne afarès, ces caractéristiques

doivent être prise en compte lors du choix de la destination et de l'utilisation de ce bois.

Les résultats obtenus pour les caractéristiques mécaniques sont très élevées et concordent avec les résultats de la masse volumique.

L'ensemble de ces résultats confirment les réelles potentialités d'utilisation en structure de bois de chêne afarès pour une large gamme d'emplois.

Références :

- ACKERMANN F., 1995. Influence du type de station forestière sur les composantes intracernes de la densité du bois du chêne pédonculé (*Quercus robur* L.) dans les chênaies de l'Adour et des plateaux basco-béarnais. *Annales des Sciences Forestières*, 52 (6) : 635-652.
- AMEELS M., 1989. Étude des propriétés technologiques et anatomiques de *Quercus canariensis* Willd. dans les massifs forestiers de l'Akfadou et Béni Ghobri en Algérie. Mémoire ingénieur, université de Louvain, Belgique.
- BEAUDOIN M., 1996. Propriétés physico-mécaniques du bois. In : Manuel de foresterie. Les Presses de l'Université Laval, Québec, Canada, p. 1301-1309.
- Berrichi.M, 1993, contribution à l'étude de la production et de la qualité du bois de trois espèces du genre *Quercus* : chêne vert, chêne liège, chêne Zéen.
- 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.
- DAUTREBANDE G., 1989. Étude anatomique et technologique de *Quercus faginea* Pomel de Grande Kabylie (Algérie). Mémoire ingénieur, université de Louvain, Belgique, 87 p.
- DERET-VARCIN E., 1983. Étude comparative de la qualité du bois de trois types de chênes (rouvres, pédonculés et intermédiaires) en forêt de Morimond. *Annales des Sciences Forestières*, 40 (4) : 373-398.
- Guitard, D. 1987. Mécanique du matériau bois et composites. Cepadues Editions. Toulouse, France.
- Kennouche.S 2015, Caractérisation et valorisation des bois de chêne en vue d'une utilisation dans le secteur de la construction.
- LOUNID ; les forêts algériennes, revue forêt méditerranéenne, pp 59-63.
- MARCHAL R., 1995. Propriétés des bois de chêne vert et de chêne pubescent (*Q. ilex* et *Q. pubescens* Willd.). Première partie : caractéristiques physiques. *Revue Forêt Méditerranéenne*, 16 (4) : 425-438.
- MARCHAL R. ; 1989, valorisation par tranchage et déroulage des bois de chênes méditerranéens (*Quercus ilex*, *Quercus pubescens*, *Quercus suber*), thèse de doctorat, institut national polytechnique de Lorraine, Nancy.
- Messaoudène.M, Tafer.M, Loukkas.A, Marchal.R, 2009, étude de quelques propriétés physiques du bois du chêne Zéen de la forêt de Ait Ghobri (Algérie). Bois et forêts des tropiques, CIRAD de Montpellier.
- Messaoudène et al 2008 ; propriétés physiques de bois de chêne Zéen de la forêt de Ait Ghobri (Algérie). Bois et forêts des tropiques, 2008.
- NEPVEU G., 1987. Propositions pour l'étude des relations entre stations et qualité du bois. Nancy, France, Inra, Srqb, document à distribution limitée, 17 p.
- NEPVEU G., MADESCLAIRE A., 1986. Variabilité de quelques critères de la qualité du bois chez l'érable sycomore et le merisier sur les plateaux calcaires de Lorraine. Nancy, France, Inra, Cnrf, Srqb, document à distribution limitée, 60 p.
- Norme française NF B51-004 (09-1985) «Bois – Détermination de l'humidité»
- Norme française NF B51-005 (09-1985) «Bois – Détermination de la masse volumique»
- Norme française NF B51-006 (09-1985) «Bois- Détermination du retrait»
- Norme européenne EN 314-1 (2005) pour l'essai de cisaillement.
- Norme française NF B51-007 (09-1985) «Bois – Essai de compression axiale»
- Norme française NF B51-008 (1987) «Bois – Essai de flexion statique- détermination de la résistance à la flexion statique de petites éprouvettes sans défaut».

R. KELLER DES. Caractéristiques nouvelles pour l'étude des propriétés mécaniques des bois : les composantes de la densité. Station de Recherches sur la Qualité des Bois, Centre national de Recherches forestières, 54 - Nancy Institut national de la Recherche agronomique

TAFER M., 2000. Contribution à l'étude de la variabilité stationnelle de la qualité du bois de

Quercus canariensis Willd. dans la forêt de Béni-Ghobri (Tizi-Ouzou). Thès magister, université M. M. Tizi-Ouzou, Algérie, 92 p.

VOULGARIDIS E. V., PASSIALIS C. N., 1995. Characteristics and technological properties of the wood of mediterranean evergreen hardwoods. *Revue Forêt Méditerranéenne*, 16 (1) : 3-12.

Please cite this Article as:

R.Akkal^{*}; H.Aknouche ; F.Krouchi ; A.Derridj. Valorisation et étude des propriétés mécaniques et physiques du bois de chêne Afarès en Algérie, Algerian J. Env. Sc. Technology, 8:4 (2022) 2952-2959