

الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر

The physical characteristics of the Berber thuja wood used in the Algiers Citadel

زينب شلبي^{1*} ، مسعود حميان² ، رقية عبد الصمد³

¹جامعة آكلي محند أولحاج البويرة ، zineb.chelbi07@univ.bouira.dz

²جامعة محمد بوقرة بومرداس ، m.hamiane@univ-boumerdes.dz

³معهد الآثار جامعة الجزائر 2 ، rekia.abdessemed@univ-alger2.dz

تاريخ النشر 2021/12/19

تاريخ القبول 2021/11/11

تاريخ الاستلام 2021/07/08

الملخص

تهدف الدراسة إلى التعرف على الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري الذي استعمل في تسقيف وتدعيم جدران مباني قلعة الجزائر ، إذ تعتبر معرفة خصائص المواد المستعملة في البناء وسيلة مساعدة للكشف عن مكان وطريقة استخدامها وكيفية تفاعلها مع الوسط وتأثرها به سلبا وإيجابا ، ولتحقيق ذلك قمنا بأخذ عينتين من الأخشاب المستخدمة في التسقيف في غرفة بقصر البايات من قلعة الجزائر ، وتم الاعتماد على المعايير الفرنسية المؤرخة بسنة 1989 عند إجراء التحاليل .

أظهرت النتائج أن العينات تتمتع بخصائص جيدة بالرغم من مرور أكثر من 500 سنة عليها ، كما أنها تصنف ضمن الأخشاب الجافة إذ تقدر نسبة رطوبتها بأقل من 12 % رغم وقوعها في منطقة قريبة من البحر ، هذا ما يؤكد فعالية معالجتها وتجفيفها قبل استخدامها ، كما أن لها معدل انكماش ضعيف في جميع الاتجاهات مما يقلل من التشققات ويسمح بثبات أبعادها ، انتفاخها متوسط مما يعني عدم امتصاصها كميات كبيرة من الرطوبة وبالتالي ضعف تأثرها بها ، وساهمت هذه الخصائص وغيرها في الحفاظ عليها بالرغم من طول مدة استعمالها وتنوع عوامل التلف التي تعرضت لها .

الكلمات المفتاحية: الخصائص الفيزيائية ، العرعر البربري ، قلعة الجزائر ، الرطوبة ، الانكماش .

Abstract

The study aims to identify the physical characteristics of the Berber thuja wood used in roofing and strengthening building's walls of the Algiers Citadel. Knowing the material's characteristics used in construction is a helpful means to uncover the location and the method of their use, and how do they interact and be affected negatively and positively with the environment. For that, we took two samples of wood used in roofing a room in Beys's place where we relied on the French standards dated in 1989 to do the analyzes.

The results show that the samples have a good properties despite they were been through more than 500 years, and they are classified as dry wood with an estimated moisture rate of less than 12 %, although they are located near to the sea. This confirms the effectiveness of their treatment and drying before using, they have also a weak shrinking from all directions, which reduces cracking and allows their dimensions to remain stable, and they have a medium inflation due to their low absorption of moisture so that they have a weak affection by it. These characteristics and others ones contribute to their preservation despite the long use and the variety of the damaging factors which they were exposed to.

Keywords: Physical Characteristics, Berber thuja, Algiers Citadel , moisture, Retractibility .

1. مقدمة

استخدمت الأخشاب منذ العصور القديمة، وتم استعمالها في مجالات متنوعة بحسب خصائصها المختلفة، فمنها ما استخدم في البناء ومنها ما استعمل في الزخرفة والصناعات المتنوعة، وبالرغم من أن دراسة خصائص المواد هو علم جديد إلا أن الإنسان في مختلف الحضارات كانت عنده من المعرفة ما مكنته من تحديد استعمال كل مادة من المواد وكل نوع من أنواع الأخشاب.

يعتبر خشب العرعر البربري من الأخشاب العالية الجودة، والذي يتواجد بصفة رئيسية في شمال إفريقيا، وينتمي إلى الأشجار الراتنجية ضمن فصيلة السرويات، ويتميز بعدة خصائص كمثاقته العالية وقوة تحمله، كما يتميز بامتلاكه خشب قلب بلون بني محمر والذي يزداد قتامة بتقدم الشجرة في العمر، وله حلقات سنوية جد متراصة ومتمايزة، وهو من الأخشاب النصف صلبة، كما يعتبر من الأخشاب التي تتمتع بثبات في الأبعاد ومقاومتها للحشرات بفعل زيوتها الأساسية التي تحويها، ولقد استعمل هذا النوع من الأخشاب في مجالات مختلفة ومنها البناء ويتجلى هذا في تواجده في تشييد المباني الأثرية، ومنها قلعة الجزائر التي بدأ تشييدها في بداية القرن السادس عشر ميلادي، وتحوي القلعة على العديد من المنشآت المدنية والدينية والعسكرية، أشهرها قصر الداوي وقصر البايات ومبنى البارود، ومسجد الداوي.

تهدف الدراسة إلى التعرف على مختلف الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري المستعمل في بناء قلعة الجزائر من أجل اختيار نفس الأنواع أو أنواع لها نفس الخصائص في عمليات الترميم الجارية. زيادة على التعرف على تأثير عوامل التلف المختلفة على الخصائص الفيزيائية لهذه الأخشاب وهل تؤدي إلى تغييرها؟. أما عن إشكالية البحث فتمثلت في الإجابة على السؤال التالي: ما هي الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر؟، وكيف يمكننا تعيينها مخبريا؟.

وبالرغم من أن الخشب المستعمل في التجارب المخبرية هو من المواد الأثرية فقد أظهرت النتائج خصائص جيدة له، ما يدعم المعرفة الجيدة والخبرة التي تمتع بها مهندسي ذلك العصر لاختيارهم خشب العرعر البربري بالذات في عمليات التسقيف وتدعيم الجدران باعتباره من أنواع الأخشاب التي تتميز بثبات الأبعاد بالمقارنة مع غيرها، كما تعتبر من الأخشاب المقاومة لحد ما للتلف البيولوجي.

2. تعريف ووصف العرعر البربري واستعمالاته في قلعة الجزائر:

1.2 تعريف العرعر البربري:

يطلق العرعر أو العرعر عامة على تيتراكليينيس أرتيكلولاتا *Tetraclinis articulata*، أو على أنواع من جنس جونيبيروس *juniperus* والجنسان ينتميان إلى فصيلة السرويات *cyper*، ويمكن أن نطلق عليه اسم العرعر المفصلي لشكل أوراقه ، وينبغي أن نذكر الاسم العلمي اللاتيني لتمييزه وتقادي الأخطاء المرتكبة من طرف المستعملين له ¹ .

تم وصف العرعر من قبل فال Vahl في 1971 باسم : الثويا أرتيكلولاتا *thuya articulata*، بعدها نقلت إلى نوع تيتراكليينيس *Tetraclinis* ، وهي جزء من فرع النباتات البذرية تحت فرع عاريات البذور ، ومن فصيلة الصنوبريات وتنتمي إلى العائلة السروية *couperssacea* ، وتعرف أيضا بعرعر شمال إفريقيا أو العرعر المغربي ² ، وهو نوع متوطن في شمال إفريقيا ³ .

2.2 الوصف النباتي :

العرعر البربري أو المفصلي هو نوع من وحيدات المسكن بأوراق خفيفة ودائمة ، وتمتلك أغصانا صغيرة مرتبة وسميكة ، وجذعا غير مستقيم ، براعمها مغطاة بواسطة أوراقها الحرشفية المتراكبة فوق بعضها البعض والمتقابلة متنى متنى ⁴ ، أزهارها وحيدة الجنس ووحيدة المسكن وتظهر في الخريف ، أما الثمار ونضوجها فيكون في الصيف، وهي عبارة عن مخاريط شبه مكعبة ، تحوي كل واحدة منها على 4 حراشف متخشبة بها بذور مجنحة ⁵ ، أما قشرتها فهي رمادية فاتحة تصير داكنة مع مرور الزمن ، مشققة طوليا تعبرها القنوات الراتنجية والتي تمدها برائحة مميزة ⁶ ، ويستخرج من هذه القشرة المادة الراتنجية التي تستعمل في صناعة الورنيش ⁷ ، أما الجذور فهي عادة متفرعة وكثيرة لتثبت الشجرة في التربة الصخرية والمنحدرة ، وتكون مصدرا لتكاثرها ⁸ ، يتميز العرعر البربري بامتلاكه خشب قلب بلون بني محمر والذي يزداد قتامة بتقدم الشجرة في العمر ، كما له حلقات سنوية جد متراصة ومتمايزة .



رأسات

دال

² - Haddad Ahmed (Tetraclinis A

³ - Tarras Mohamed et autres , Dynamique phytoécologique de Thuya de Berbérie face à l'incendie, In forêt méditerranéenne , T. XXIX , n°1 , Mars.2008 , p 33 .

⁴ - عبد المالك بنعبيد ، المرجع السابق ، ص 91 .

⁵ -Fidah Abdelwahed , Etude de la durabilité naturelle des bois de Cedrus Atlantica (Manetti) et de Tetraclinis Articulata (Vahl Masters) et évaluation de la bioactivité de leurs huiles essentielles sur les champignons basidiomycètes lignivores , Thèse de Doctorat en biologie , Université Mohammed V , 2016 , p 23.

⁶ - Haddad Ahmed , Op cit , p 10 .

⁷ -Maatoug M , et autres , Etudes micro -densitométriques de bois de thuya de Maghreb Tetraclinis articulata Vahl Masters et effets des facteurs stationnels sur la qualité , In : Sciences et Technologie , N° 21 , Juin 2004 , p 19 .

⁸ - ElMouridi Mohammed , Caractérisation mécanique de la loupe de thuya (Tetraclinis articulata (Vahl) Masters) en vue de sa valorisation, Thèse de doctorat en mécanique et génie civil , Université de Montpellier 2 , 2011 , p 12 .

صورة رقم (01) الأجزاء المكونة للعرعر البربري.

3.2 الإطار التاريخي لقلعة الجزائر واستعمالات الخشب فيها:

الإطار التاريخي لقلعة الجزائر

تم الشروع في بناء القلعة سنة 1516م من قبل عروج ، وأتم بنائها خير الدين باشا سنة 1591م وهذا حسب الكتابة الأثرية الموجودة على الباب الخارجي للقصبة .

في عام 1817 وخوفا من أعمال الشغب غادر الداوي علي خوجة قصر الجنية ليستقر في القلعة ، لتصبح المقر الجديد للحكم⁹ ، وبعد عام من ذلك، قام خليفته رئيس الوصاية الداوي حسين، بتجديد بناء بعض المنشآت، وقد تم تقسيم بناء القلعة إلى أربعة مراحل استناد إلى الباحث علي خلاصي وذلك تبعا لتقنيات ومواد البناء¹⁰ وهي :

المرحلة الأولى من 1516 إلى 1600 م : والتي ضمت ما يلي :

- 1516 عروج يضع الأسس الأولى للقصبة .
- 1550 بناء قنطرة المياه وترتيب القسم الجنوبي الغربي من القلعة .
- 1592 مصطفى باشا يضيف مباني جديدة للقصبة ويرمم السقيفة ويشيد الديوان¹¹ .

المرحلة الثانية من 1600 إلى 1817 م : وتضمنت ما يلي :

- 1626 انفجار مصنع البارود .
- 1630 ترميم الأجزاء المتضررة نتيجة للانفجار وبناء مصنع للبارود من جديد .
- 1716 زلزال عنيف دمر المدينة وأجزاء من القصبة ، وقد تم اصلاح الأجزاء المتضررة من القصبة .

المرحلة الثالثة من 1817 إلى 1830 م : وتضمنت ما يلي :

- 1817 انتقال علي خوجة إلى القصبة وتحويل خزينة الدولة وكل الأجهزة الإدارية إلى القلعة واتخاذها قسبة بمفهومها الحقيقي .

- 1818 الداوي حسين يضيف المسجد والطوابق العليا من قصر الداوي ويبني قصر البايات .
- 1822 بناء المسجد البراني وإضافة عدة أقسام إلى قصر الداوي .
- 1830 دوبرمون يحتل القصبة ويقيم بها¹² .

⁹-Marçais G , L'architecture musulmane d'occident, Edité par Arts et Metiers Graphiques, Paris 1954. P438

¹⁰ - خلاصي علي ، قسبة مدينة الجزائر ، ج 1 ، ط 1 ، دار الحضارة ، الجزائر ، 2007 ، ص 57 .

¹¹ - الوكالة الوطنية للآثار وحماية المعالم التاريخية ، مشروع ترميم قسبة الجزائر وقصر الداوي ، تيبازة ، 1988 ، ص 3 .

¹² - نفسه ، ص 3-4 .

المرحلة الرابعة من 1830 إلى 1962 م : تم في هذه المرحلة :

- 1840 تحويل عدة أقسام من القصبه إلى مستشفى عسكري¹³.
 - 1844 شركة النقل العمومية تشق طريق محمد طالب على حساب الحديقة الصيفية ومسجد الجيش .
 - 30 مارس 1887 تصنيف القصبه كأثر تاريخي .
 - 1908 ترميم عدة أجزاء من قصر الداى ، وتهديم البطارية السادسة .
 - 1930 تحويل عدة أقسام من القصبه إلى متحف فرنسي .
 - 1962 تحويل القطع المتحفية إلى فرنسا وإخلاء القصبه ثم إسكانها من طرف 1500 نسمة.¹⁴
- وشملت هذه المجموعة : قصر الداى والملحقات الخاصة به، وحمام الآغوات، قصر البايات والمباني الملحقة، مخزن الذخيرة، المسجد الداى ومسجد الجيش ، شبكة توزيع المياه، الكازمات أو المخازن وخمس بطاريات للمدافع.
- استعمالات الخشب في قلعة الجزائر:**

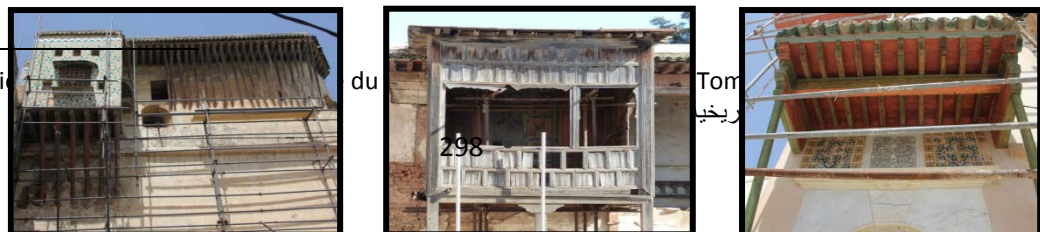
تم استعمال خشب العرعر البربري الذي جلب من الغابات القريبة كالبليدة وتيبازة وأنواع أخرى مثل خشب الصنوبر الحلبي وخشب الأرز في قلعة الجزائر في الجانب الإنشائي : في التسقيف ، كتدعيمات داخل الجدران ، أسفل الأعمدة ، بين التاج ومنابت العقود ، وفي أطر الأبواب والنوافذ وفي عتباتها أو أسكف الأبواب والنوافذ ، وكأعمدة سائدة في الجدران الخارجية عند إضافة مساحات جديدة ، كما استعمل أيضا في الجانب الفني حيث نجده في الدرابزين وفي المشربيات في قصر البايات وفي مقصورة أو كشك الداى، وفي الظلات فوق الأبواب الرئيسية لتوفير الحماية من أشعة الشمس والأمطار، وفي الأبواب والنوافذ أيضا .



أ - سقف غرفة بقصر الداى ب - استخدام الخشب في منبت العقد ج - استخدام الخشب داخل الجدار د - استخدام الخشب في الدرابزين



هـ - الباب الرئيسي لقصر الداى و - إطار خشبي بسقيفة قصر ز - إطار نافذة بقصر الداى



ل - الأخشاب الساندة للسقف ك - مقصورة أه كشك الداى م - ظللة باب مسجد الداى

¹³ - Klein H , Le vi

du

Tom
ريخيا

¹⁴ - الوك

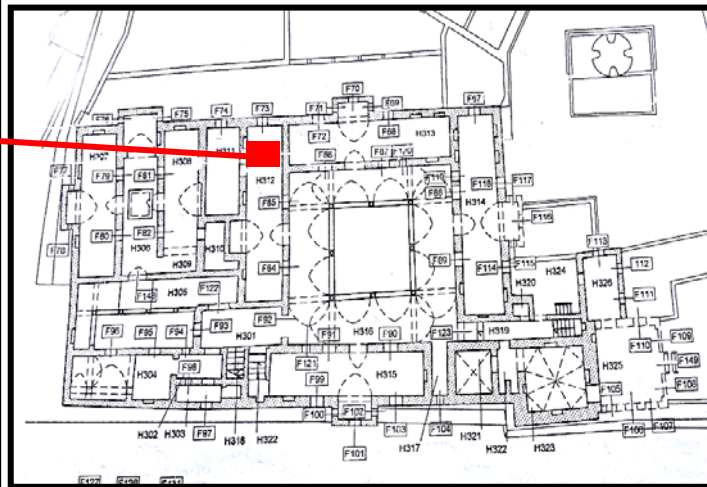
صورة رقم (02) استخدامات الخشب بقلعة الجزائر .

3. تعيين الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري:

1.3 تحضير العينات:

- يتطلب أخذ العينات من أجل دراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية شروطا خاصة، كأن تكون العينات سليمة وخالية من العيوب كالعقد والتلف الناتج عن مختلف العوامل ، وأن تكون من أجزاء معينة من الخشب وبمقاييس صحيحة ودقيقة، وبأشكال معينة حسب التجربة المعنية ، لأن عدم احترام هذه الشروط سوف يؤثر على النتائج ، وهذا ما يشكل صعوبة إذا علمنا أن المادة المستعملة هي مادة أثرية تعرضت لمختلف عوامل التلف.

- تم أخذ عينات من خشب التويا البربري المستعمل ضمن جدران مباني قلعة الجزائر لوقايتها من الانهيار أثناء الزلازل ومن الأسقف، وجلبت العينتين من سقف الغرفة رقم H312 من قصر البايات بالطابق الأول بالغرفة الموجودة في الواجهة الشمالية الغربية والمطلّة على الصحن، وهي عينة من الخشب الأثري المحلي والتي تعود لفترة بناء القلعة ، صورة رقم (3) مخطط وصورة لمكان أخذ العينات من قصر البايات ، والملاحظ أن الخشب المستعمل له مقاييس معينة من حيث الطول أو القطر ، ونفس الشيء بالنسبة للعينات المأخوذة حيث لا يتعدى طولها المترين وقطرها 15 سم .



صورة رقم (03) مخطط للطابق الأول من قصر البايات وصورة لمكان أخذ العينات .

- وأخذت العينات إلى مخبر الخشب بجامعة أمحمد بوقرة ببومرداس من أجل التقطيع ودراسة الخصائص، إذ قبل البدء بالتقطيع ينبغي إزالة المسامير التي كانت داخلها والتي تم وضعها من أجل تثبيت ألواح خشبية ملونة ومزخرفة كسقف داخلي للغرفة ، ثم قطع الأجزاء الهشة من العمود الخشبي (النهايتين) ، وتسوية السطح الخارجي للعيينة ، حتى يتسنى الحصول على عينات أوجهها متوازية بشكل سليم ، بعدها تقطيع العينات حسب المقاييس المطلوبة لكل تجربة . الصورة رقم (04) و (05) تحضير وتقطيع العينات .



صورة رقم (04) عملية إزالة الأجزاء الهشة والمسامير من العينات



صورة رقم (05) تقطيع الخشب إلى عينات متساوية المقاييس

2.3 تعيين نسبة الرطوبة

بحسب المعايير الفرنسية المؤرخة بسبتمبر 1985 تحت الرقم **NFB51-004**، والتي تعرف أن رطوبة الخشب هي كمية الماء الموجودة داخله ، والمحتواة فيه بالنسبة لكتلته في الحالة الجافة معبر عنها بنسبة مئوية ، ويتم التعرف عليها من خلال قياس اختلاف كتلة عينة أو عدة عينات بعد التجفيف ، ومن ثم حساب المعدل المئوي بالنسبة لنقصان كتلة العينة الجافة .

الخطوات المتبعة

- يمكن أن نستعمل عينات التجارب الفيزيائية أو الميكانيكية الأخرى والتي لها أشكال مختلفة صورة رقم (06 أ) صورة للعينات ذات الشكل غير المنتظم .
- نقوم بوزن كل عينة في الحالة التي نجدها فيها m_h صورة رقم (06 ب) ، ثم نقوم بتجفيف العينات في فرن حرارته $(103 \pm 4^\circ \text{C})$ حتى الحصول على الكتلة الثابتة صورة رقم (06 ج).
- وزن العينات الجافة بعد تبريدها في منشف m_0 dessiccateur ، على أن يتم الوزن بسرعة حتى نتفادى دخول الرطوبة من جديد .



صورة رقم (06ج) تجفيف العينات



صورة رقم (06ب) وزن العينات



صورة رقم (06 أ) العينات ذات الشكل العشوائي

- لحساب النسبة المئوية للرطوبة نستعين بالقانون التالي :

$$H = [(m_h - m_0) / m_0] \times 100 \%$$

حيث : m_h : كتلة العينة بالغرام في حالتها الأصلية .

m_0 : كتلة العينة بالغرام بعد التجفيف والتشيف .

- نتائج التجربة ممثلة في الجدول الموالي ، حيث أخذنا نوعين من العينات النتائج الأولى كانت لعينات بشكل عشوائي ، أما النتائج الثانية فهي العينات التي استعملت لتعيين الكتلة الحجمية .

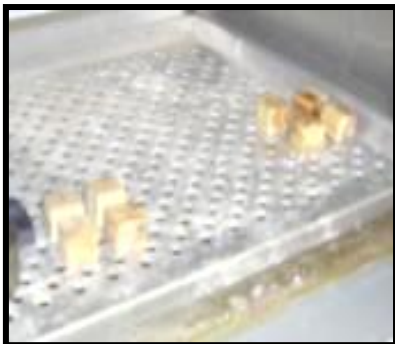
جدول رقم (01) نتائج تجربة الرطوبة للعينات ذات الشكل المنتظم .

رقم العينات	m_h (g)	m_s (g)	m_0 (g)	H (%)	المعدل %
العينة 01	7.22	8.57	6.51	10.90	10.98
	6.62	7.91	5.96	11.07	
العينة 02	6.58	7.95	5.88	11.90	11.80

	11.71	6.06	8.11	6.77	'4	
--	-------	------	------	------	----	--

3.3 تعيين الكتلة الحجمية m_v

- تم أخذ عينات لها شكل مكعب بطول ضلع (20 ± 0.5 ملم) . صورة رقم (07) العينات



صورة رقم (07 ج) تجفيف العينات في المنشف .



صورة رقم (07 ب) توضيح وزن العينة



صورة رقم (07 أ) العينات المستعملة للتجربة

تعيين الكتلة الحجمية الرطبة m_{vH}

- أخذنا عينتين من كل عينة وقمنا بوزنها في حالتها العادية من دون تجفيفها .
- أخذ الأطوال بواسطة القدم القنوية في الاتجاه العرضي والمماسي والطول من أجل تعيين الحجم .

تعيين الكتلة الحجمية القاعدية m_{vB} والكتلة الحجمية في الحالة الجافة m_{v0}

تعيين الحجم المشبع

- في حالة ما إذا كانت نسبة رطوبة العينات أقل من درجة تشبع جدران الخلايا ، نقوم بغمرها في ماء مقطر درجة حرارته $20 \pm 5^\circ \text{C}$ ، ونصل إلى درجة التشبع إذا كان الازدياد في الحجم ثابتا بين قياسين متتاليين وأقل من 0.01 سم^3 و بفارق زمني مقدّر بـ 4 ساعات .

تعيين الكتلة الجافة

- نجفف العينات في الهواء ثم في فرن حتى الحصول على الكتلة الثابتة ، إذ نرفع درجة حرارة الفرن تدريجياً وببطء حتى $103 \pm 2^\circ \text{C}$ ، وتعتبر الكتلة ثابتة عندما يصبح الضياع في الكتلة بين قياسيين متتاليين بفارق زمني 4 سا أقل أو يساوي 0.5 % من كتلة كل عينة.

- مباشرة بعد إخراج العينات من الفرن نقوم بتبريدها في منشف ووزن كل عينة .

تعيين الحجم في الحالة الجافة V_0

- بعد وزن كل عينة جافة نقيس مباشرة حجمها بأخذ الطول والعرض والارتفاع .
- لحساب الكتلة الحجمية الرطبة m_{vH} في وقت التجربة لكل عينة نستعين بالقانون التالي :

$$m_{vH} = m_H / V_H \quad \text{g/cm}^3$$

حيث : m_H : هي كتلة العينات وهي رطبة بالغرام .

V_H : حجم العينات الرطبة بوحدة سم³ .

ولحساب الكتلة الحجمية الجافة m_{v0} لكل عينة نستعين بالقانون التالي :

$$m_{v0} = m_0 / V_0 \quad \text{g/cm}^3$$

حيث : m_0 : هي كتلة العينات الجافة بالغرام .

V_0 : حجم العينات الجافة بوحدة سم³ .

- حساب الكتلة الحجمية في الحالة المشبعة لكل عينة نستعين بالقانون التالي :

$$m_{vS} = m_S / V_S \quad \text{g/cm}^3$$

حيث : m_S : هي كتلة العينات المشبعة بالغرام .

V_S : حجم العينات المشبعة بوحدة سم³ .

- ولحساب الكتلة الحجمية القاعدية نستعمل القانون التالي :

$$m_{vB} = m_0 / V_S \quad \text{g/cm}^3$$

حيث : m_0 : هي كتلة العينات الجافة بالغرام .

V_S : حجم العينات عند التشبع بوحدة سم³ .

ملاحظة :

يمكن تعيين الكثافة ذات الرطوبة 15% باستعمال القانون التالي :

$$D_{15} = D_H \cdot (1 - [(1 - V) (H - 15) / 100])$$

- والجداول من (02) إلى (05) تظهر النتائج المتحصل عليها.

جدول رقم (02) نتائج تجربة الكتلة الحجمية بالرطوبة

رقم العينات	m_h (g)	المقاسات ملم			V_h (cm ³)	M_{vh} (g/cm ³)	المعدل
		R	T	L			

0.74	0.74	9.76	21.22	21.01	21.89	7.22	3	العينة 01
	0.74	8.91	20.69	20.88	20.63	6.62	'3	
0.70	0.71	9.22	20.91	20.55	21.45	6.58	4	العينة 02
	0.69	9.84	20.84	21.56	21.90	6.77	'4	

جدول رقم (03) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في حالة الجافة

المعدل	M_{V0} (g/cm ³)	V_0 (cm ³)	المقاسات ملم			m_0 (g)	رقم العينات	
			R	T	L			
0.71	0.71	9.14	20.39	20.51	21.86	6.51	3	العينة 01
	0.71	8.35	20.61	20.09	20.18	5.96	'3	
0.66	0.67	8.79	20.48	20.03	21.44	5.88	4	العينة 02
	0.66	9.19	20.54	20.43	21.90	6.06	'4	

جدول رقم (04) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في الحالة المشبعة

المعدل	M_{Vs} (g/cm ³)	V_s (cm ³)	المقاسات ملم			m_s (g)	رقم العينات	
			R	T	L			
0.81	0.81	10.55	22.03	21.89	21.87	8.57	3	العينة 01
	0.81	9.75	21.70	21.79	20.62	7.91	'3	
0.80	0.80	9.97	21.82	21.30	21.46	7.95	4	العينة 02
	0.80	10.11	21.64	21.32	21.91	8.11	'4	

جدول رقم (05) نتائج الكتلة الحجمية القاعدية

المعدل	m_{VB} (g/cm ³)	V_s (cm ³)	المقاسات ملم			m_0 (g)	رقم العينات	
			R	T	L			
0.61	0.62	10.55	22.03	21.89	21.87	6.51	3	العينة 01
	0.61	9.75	21.70	21.79	20.62	5.96	'3	
0.59	0.59	9.97	21.82	21.30	21.46	5.88	4	العينة 02
	0.6	10.11	21.64	21.32	21.91	6.06	'4	

4.3 تعيين التقلص الحجمي (الانكماش) بحسب NFB51-006

تحديد الانكماش الكلي للحجم

تحديد الاختلاف في حجم العينات عند رطوبة تساوي أو أكبر من نقطة التشبع وتقلصها في الحجم عند الحالة الجافة (أو حالة عدم وجود الماء).

خطوات العمل

- نستطيع استعمال نتائج تجارب الكتلة الحجمية وهذا ما عملنا به ، كما يمكن أن نأخذ عينات لها شكل مكعب طول ضلعه 20 ملم ، ينبغي أن تتجاوز رطوبة العينات نقطة التشبع، وفي حالة ما إذا كانت أقل نغمرها في الماء المقطر كما ذكرنا أنفا ، ثم نعين الحجم المشبع لكل عينة.

- مبدأ التجفيف : نقوم بتجفيف العينات في الهواء ثم نجففها حتى الحصول على الكتلة الثابتة في الفرن بزيادة درجة حرارته تدريجيا حتى $103 \pm 2^\circ \text{C}$ ، ثم نقوم بوزنها بعد تبريدها في منشف m_0 ونقيس الحجم V_0 بواسطة القدم القنوية الرقمية ، نقيس التغير في الأبعاد الطولية والعرضية والمماسية لاستعمالها في حساب الحجم .

لحساب التقلص الكلي لحجم كل عينة نستعين بالقانون التالي :

$$R_{VT} = [(V_s - V_0) / V_s] \times 100\%$$

حيث : V_s هي حجم العينات عند التشبع ووحدة قياسها سم^3 ، V_0 حجم العينات الجافة سم^3 .

ملاحظة : يمكن تعيين معامل الانكماش الحجمي الكلي باستعمال العلاقة التالية :

$$r_v = (V_s - V_0) / (V_s . H_s)$$

جدول رقم (06) يمثل نتائج تجربة الانكماش الحجمي الكلي ومعامل الانكماش .

رقم العينات	$V_s (\text{سم}^3)$	$V_0 (\text{سم}^3)$	% R_{VT}	المعدل (%)	r_v	المعدل
العينة 1	10.54	9.14	13.28	13.82	0.44	0.46
	9.75	8.35	14.36		0.48	
العينة 2	9.97	8.79	11.83	10.46	0.39	0.34
	10.11	9.19	9.1		0.30	

تعيين التقلص الكلي في الاتجاه القطري والمماسي

وهي تحديد التغيرات في الطول في الاتجاهين القطري والمماسي لعينات رطوبتها تساوي أو تفوق نقطة التشبع مقارنة بحالتها الجافة .

العينات

تتألف العينات من لوحة مربعة من الجانبين طول ضلعها (0.5 ± 50) ملم وبسمك (0.5 ± 10) ملم ، مع أن يكون جانبي اللوحة موازيين للاتجاه القطري أو المماسي، والسمك موازي لمحور الخشب fil de bois ، ويمكننا استعمال عينات بمقاس 40ملم من الجانبين في حالة ما لم تسمح مقاييس اللوحة من شق الصفيحة أو الشكل المطلوب، كما يمكن استعمال عينات مكعبة طول ضلعها 20 ملم وهذا الذي عملنا به ، إذ قمنا باستعمال عينات الكتلة الحجمية ونتائجها .

خطوات العمل

- ينبغي أن تتجاوز رطوبة العينات نقطة تشبع جدران الخلايا ، وفي حالة ما إذا كانت أقل نقوم بغمر العينات في الماء المقطر كما ذكرنا آنفا ، ثم نقوم بقياس أطوال كل عينة في الاتجاه المماسي L_{TS} وفي الاتجاه القطري L_{RS} ، بعدها نقوم بتجفيف العينات في الهواء ثم ننشفها حتى الحصول على الكتلة الثابتة في فرن نرفع من درجة حرارته تدريجيا لتصل إلى $(103 \pm 2)^\circ \text{C}$ ، ثم نقوم بوزن العينات بعد تبريدها في جهاز تنشيف ونقيس الأطوال L_{R0} و L_{T0} بواسطة القدم القنوية. صورة رقم (08) تمثل العينات المستخدمة في التجربة.



صورة رقم (08) تمثل العينات المستعملة في تجربة الانكماش

- لحساب التقلص القطري الكلي R_R و التقلص المماسي الكلي R_T لكل عينة نستعين بالقانونين التاليين:

$$R_R = [(L_{RS} - L_{R0}) / L_{RS}] \times 100$$

$$R_T = [(L_{TS} - L_{T0}) / L_{TS}] \times 100 \%$$

حيث : L_{RS} : الطول القطري للعينة في حالة التشبع ملم ، L_{R0} : الطول القطري للعينة في الحالة الجافة بملم ، L_{TS} : الطول المماسي للعينة في الحالة المشبعة بملم ، L_{T0} : الطول المماسي للعينة في الحالة الجافة بملم .

ملاحظة : يمكن الحصول على معامل التقلص أو الانكماش القطري والمماسي بتطبيق القاعدتين التاليتين :

$$r_{RR} = [(L_{RS} - L_{R0}) / (L_{RS} \times H_s)] \times 100 \%$$

$$r_{RT} = [(L_{TS} - L_{T0}) / (L_{TS} \times H_s)] \times 100 \%$$

r_{RR} : هو معامل التقلص القطري ووحدته % .

r_{RT} : هو معامل التقلص المماسي % .

H_s : هي الرطوبة المشبعة والتي تؤخذ عادة بنسبة 30% .

جدول رقم (07) نتائج تجربة الانكماش القطري والمماسي .

العينات	L_{R0} (mm)	L_{T0} (mm)	L_{RS} (mm)	L_{TS} (mm)	R_R (%)	R_T (%)	r_{RR} (%)	r_{RT} (%)
العيـنة 1	3	20.39	20.51	21.89	7.44	6.30	0.25	0.21
	'3	20.61	20.09	21.79	5.02	7.80	0.17	0.26
العيـنة 2	4	20.48	20.03	21.82	6.14	5.96	0.20	0.2
	'4	20.54	20.43	21.64	5.08	4.17	0.17	0.14

5.3 تعيين الانتفاخ

الانتفاخ هو الزيادة في الحجم والتغير في الأبعاد نتيجة امتصاص الماء ، ويمكننا تعيين الانتفاخ الحجمي والانتفاخ المماسي والقطري ، ومعامل الانتفاخ الحجمي ومعامل الانتفاخ المماسي والقطري انطلاقاً من التجربة السابقة وباعتماد على القوانين التالية :

$$G_V = R_{VT} / (100 - R_V) \times 100 \quad \% \text{ - الانتفاخ الحجمي :}$$

$$G_T = R_T / (100 - R_T) \times 100 \quad \% \text{ - الانتفاخ المماسي :}$$

$$G_R = R_R / (100 - R_R) \times 100 \quad \% \text{ - الانتفاخ القطري :}$$

$$g_V = (100 \cdot r_V) / [(100 - r_V) \cdot H_s] \quad \text{ - معامل الانتفاخ الحجمي :}$$

$$g_T = (100 \cdot r_T) / [(100 - r_T) \cdot H_s] \quad \text{ - معامل الانتفاخ المماسي :}$$

$$g_R = (100 \cdot r_R) / [(100 - r_R) \cdot H_s] \quad \text{ - معامل الانتفاخ القطري :}$$

جدول رقم (08) نتائج تجربة الانتفاخ .

العينات	% R_{VT}	R_R (%)	R_T (%)	r_{RR} (%)	r_V	r_{RT} (%)	G_V %	G_T %	G_R %	g_V	g_T	g_R
العينة 1	3	13.36	6.30	7.44	0.25	0.44	15.31	6.72	8.04	0.50	0.22	0.27
	'3	14.36	7.80	5.02	0.17	0.48	16.77	8.46	5.28	0.56	0.28	0.18
العينة 2	4	11.83	5.96	6.14	0.20	0.39	13.42	6.34	6.54	0.44	0.21	0.21
	'4	9.1	4.17	5.08	0.17	0.30	10.01	4.35	5.35	0.33	0.14	0.18

4. عرض النتائج التجارب وتحليلها :

1.4 عرض نتائج التجارب :

جدول رقم (09) نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية

معدل العينة 2	العينة 2		معدل العينة 1	العينة 1		
	'4	4		'3	3	
	6.77	6.58		6.62	7.22	m_H (g)
	6.06	5.88		5.96	6.51	m_0 (g)
	8.11	7.95		7.91	8.57	m_S (g)
11.80	11.71	11.90	10.98	11.07	10.90	H (%)
	9.84	9.22		8.91	9.76	V_H (cm ³)
	9.19	8.79		8.35	9.14	V_0 (cm ³)
	10.11	9.97		9.75	10.55	V_S (cm ³)
0.70	0.69	0.71	0.74	0.74	0.74	mv_H (g /cm ³)
0.66	0.66	0.67	0.71	0.71	0.71	mv_0 (g /cm ³)
0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	mv_S (g /cm ³)
0.59	0.60	0.59	0.61	0.61	0.62	mv_B (g /cm ³)

0.52	0.51	0.53	0.50	0.51	0.49	D₁₅ (g /cm ³)
10.46	9.1	11.83	13.82	14.36	13.28	R_{VT} (%)
5.61	5.08	6.14	6.23	5.02	7.44	R_R (%)
5.06	4.17	5.96	7.05	7.80	6.30	R_T (%)
0.34	0.30	0.39	0.46	0.48	0.44	r_{RV} (%)
0.18	0.17	0.20	0.21	0.17	0.25	r_{RR} (%)
0.17	0.14	0.2	0.23	0.26	0.21	r_{RT} (%)
11.71	10.01	13.42	16.04	16.77	15.31	G_V %
5.34	4.35	6.34	7.59	8.46	6.72	G_T %
5.94	5.35	6.54	6.66	5.28	8.04	G_R %
0.38	0.33	0.44	0.53	0.56	0.50	g_V
0.17	0.14	0.21	0.25	0.28	0.22	g_T
0.19	0.18	0.21	0.22	0.18	0.27	g_R

2.4 تحليل وتفسير النتائج

هناك اختلافات طفيفة بين نتائج العينتين في الخصائص الفيزيائية والتي من الممكن أن نرجعها إلى وجود بعض العيوب في العينات ومن بينها العقد، إضافة إلى طول عمر العينات وتأثرها بعوامل التلف كاستعمال المسامير مثلاً، كما أن العينات أخذت من الطابق الأول الذي يعرف رطوبة مرتفعة والذي يحفز العامل البيولوجي خاصة الفطريات، وهذا الذي يمكن أن يؤثر على كل من الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

- من خلال قياس نسبة الرطوبة يمكننا تصنيف العينتين ضمن الأخشاب الجافة التي تتراوح نسبة رطوبتها 10.98 % بالنسبة للعينات الأولى، أما العينة الثانية فرطوبتها 11.80 %.

- تسجيل اختلاف بين العينات في الكتلة الحجمية الرطبة والجافة، بينما هناك تقارب في الكتلة الحجمية المشبعة، وهذا يعني أن الرطوبة تؤثر على الكتلة الحجمية فكلما ارتفعت تزداد الكتلة الحجمية.

- نلاحظ أن معامل الانكماش في الاتجاه القطري والمماسي متقارب و ضعيف، وهذا يعني أن التغيرات في الأبعاد تكون ضعيفة، بالمقارنة مع الأخشاب الأخرى ، وهذا الذي يقلل من التشققات الناتجة في حالة التجفيف السريع للخشب .

- كما نلاحظ أيضا أن الانكماش القطري والمماسي للعينتين مختلف والذي يمكن أن نرجعه إلى اختلاف مصدر العينتين في الجذع المأخوذ منه، أو إلى التلف .
- من خلال قياس الكتلة الحجمية يتبين لنا أنه كلما تزايد الرطوبة تزايد الكتلة الحجمية والعكس، بسبب الزيادة في الكتلة ومقاسات العينات نتيجة امتصاص الماء .
- عند تعيين الكثافة برطوبة 15 % أظهرت النتائج أن خشب العينتين من الأخشاب النصف ثقيلة ، فكان معدل العينة الأولى هو 0.50 غ/سم³ بينما العينة الثانية فقدت كثافتها 0.52 غ/سم³ ، وهي ضمن نتائج كثافة خشب العرعر البربري الذي تختلف تبعا للمكان الذي تنمو به ، والمنطقة التي تؤخذ منها العينات على مستوى الجذع نفسه ، وطبعا بحسب نسبة رطوبة الخشب أيضا .
- فيما يخص التقلص الحجمي أظهرت النتائج أن لكلا العينتين انكماش متوسط (من 10 إلى 15 %) بحسب المعيار NFB51-002 حيث كانت نسبة الانكماش الحجمي الكلي للعينة الأولى 13.86 % ، أما العينة الثانية فكانت نسبة التقلص الحجمي 10.46 % ، ويمكن أن نرجع الاختلاف إلى مكان أخذ العينة من الجذع فكلما كانت قريبة من القلب كان التقلص أقل لغنى هذه المنطقة بالمستخلصات والعكس¹⁵، كما يمكن أن يؤدي التلف إلى الزيادة في نسبة التقلص الحجمي ، وخاصة في التلف البيولوجي الذي يعمل على تدمير جدران الخلايا الخشبية مما يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء وبالتالي زيادة نسبة التقلص الحجمي¹⁶، وتبعا للمعيار السابق فإنه يمكن أن يستعمل هذا النوع من الأخشاب كجذوع لها تشققات متوسطة ، تستخدم في حالتها الأصلية (جذوع مستديرة) كالأخشاب المستعملة في المناجم وكعوارض لتحملها للثقل ، ويمكن استعمالها في التسقيف ، وهذه الحالة التي استعمل فيها الخشب في القلعة .
- وبحسب معامل الانكماش الحجمي فيمكننا أن ندرج خشب العينة الأولى (0.46 %) ينتمي إلى الخشب العصبي والذي يمكن استعماله في البناء والتسقيف ، أما العينة الثانية فقد أعطت قيمة أقل من العينة الأولى (0.34 %) وهذا ما يجعلنا أن ندرج هذه العينة ضمن الأخشاب الأقل عصبية والتي تستعمل في النجارة عموما، وهذا الاستعمال وارد في خشب العرعر البربري الذي يستعمل بكثرة عند المغاربة في الصناعات التقليدية .

5. الخاتمة :

- تختلف الخصائص الفيزيائية للخشب تبعا لنوع وصنف الخشب ، عمره ومصدره والجزء المستعمل من الشجرة ، ووجود العيوب والتشوهات وانعدامها ، زيادة على كمية الرطوبة التي يحتويها الخشب ، إضافة إلى تأثيره بعوامل التلف وخاصة الرطوبة والعوامل البيولوجية ، كما تؤثر الخصائص الفيزيائية على الخصائص الميكانيكية.
- أظهرت نتائج التجارب التي أجريت على العينات التي أخذت من خشب التسقيف بقصر البايات بقلعة الجزائر على تمتعه بخصائص فيزيائية جيدة بالرغم من طول مدة استعماله ، كمحافظته على الجفاف بالرغم من وجود القلعة في

¹⁵ -Venet J , Identification et classement des bois français , Centre de Nancy , France , SD ,p 250-251.

¹⁶ -Olaf schmidt , wood and tree fungi biology , Damage , protection and Use , springer , Germany , 2006.

منطقة ساحلية بمقابلة البحر ، إذ قدرت رطوبة العينات بين 10.98 % و 11.80 % ، وهذا ما جعلها تصنف ضمن الأخشاب الجافة بالاعتماد على المعايير الفرنسية .

- كما أن خشب العينتين ينتمي إلى الأخشاب نصف الثقيلة ضمن الأخشاب الراتنجية بالاعتماد على تعيين الكثافة .

- يتمتع خشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر بانكماش حجمي متوسط لا يتجاوز نسبة 14%.

- كما أننا نلاحظ استقراراً في أبعاد خشب العرعر وهذه ميزة جيدة له، وهذا ناتج عن تقارب نتائج الانكماش في الاتجاهات المختلفة لخشب، ما يجعله قليل التعرض للتشققات سواء الناتجة عن عملية التجفيف، أو عند التعرض لعوامل التلف المختلفة، وهذا ما يسمح باستعمالها كجزوع من دون تقطيعها إلى ألواح لزيادة حمولتها الميكانيكية، ومن هنا نستنتج أن مهندسي ذلك العصر كانت لهم معرفة جيدة بخصائص المواد واستعمالاتها.

- في حين كان معدل معامل الانكماش الحجمي للعينات الأولى أكبر من العينات الثانية، حيث سمحت النتائج بإدراج العينات الأولى ضمن الأخشاب العصبية، أما العينات الثانية فأدرجته ضمن الأخشاب الأقل عصبية، وهي نتائج مقبولة.

وفي الأخير نقول إن خشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر يتمتع بخصائص جيدة سمحت باستعماله إما في التسقيف أو داخل الجدران كنظام للحماية ضد الزلازل التي كانت ومازالت تضرب مدينة الجزائر، كما يمكن أن يستخدم أيضاً في الجوانب الزخرفية، كما أعطته هذه الخصائص وغيرها مقاومة لعوامل التلف المختلفة الموجودة في القلعة.

6. قائمة المراجع

1. بنعبيد عبد المالك، البيئة الطبيعية والنبات بالمغرب :تقييم وبيوجغرافيا ووظائف وقيم واستخدامات، مؤسسة الملك عبد العزيز آل سعود للدراسات الإسلامية والعلوم الإنسانية ، الدار البيضاء ، 2012 .
2. خلاصي علي ، قصبة مدينة الجزائر ، ج 1 ، ط 1 ، دار الحضارة ، الجزائر ، 2007 .
3. الوكالة الوطنية للأثار وحماية المعالم التاريخية ، مشروع ترميم قصبة الجزائر وقصر الداوي ، تيبازة ، 1988.
4. ElMouridi Mohammed ,Caractérisation mécanique de la loupe de thuya (Tetraclinis articulata (Vahl) Masters) en vue de sa valorisation, Thèse de doctorat en mécanique et génie civil , Université de Montpellier 2 , 2011.
5. Fidah Abdelwahed , Etude de la durabilité naturelle des bois de Cedrus Atlantica (Manetti) et de Tetraclinis Articulata (Vahl Masters) et évaluation de la bio activité de leurs huiles essentielles sur les champignons basidiomycètes lignivores, Thèse de Doctorat en biologie , Université Mohammed V , 2016.
6. Haddad Ahmed , Etude des caractéristiques anatomique ,chimique et papetière du bois de Thuya de Berbérie (Tetraclinis Articulata Vahl), Thèse de doctorat en foresterie , Université Aboubakar Belkadi de Tlemcen , SD.
7. Klein H , Le vieil Alger et sa banlieue, Archive du ministère de la guerre ,1912. Tome III.
8. Maatoug M , et autres , Etudes micro -densitométriques de bois de thuya de Maghreb Tetraclinis articulata Vahl Masters et effets des facteurs stationnels sur la qualité , In : Sciences et Technologie , N° 21 , Juin 2004.
9. Marçais G , L'architecture musulmane d'occident , Edité par Arts et Métiers Graphiques, Paris ,1954.

10. Olaf schmidt , wood and tree fungi biology , Damage , protection and Use ,springer , Germany , 2006.
11. Tarras Mohamed et autres , Dynamique phytoécologique de Thuya de Berbèrie face à l'incendie, In foret méditerranéenne , T .XXIX , n°1 , Mars.2008.
12. Venet J , Identification et classement des bois français , Centre de Nancy , France , SD.