الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الجزائر 2 معهد الآثـار

أبو القاسم سعد الله

صيانة و ترميم الخشب الأثري

-قلعة الجزائر أنموذجا-

Conservation and restoration of archaeological wood's

Algiers's citadel as a model

أطروحة لنيل شهادة دكتوراه علوم في صيانة وترميم الأثار

إعداد الطالبة: الإشراف :

شلبي زينب أ.د. حميان مسعود

لجنة المناقشة :

أ.د/ حنفي عائشة	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	رئيسا
أ.د/ حميان مسعود	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	مقررا
د/ تازروت منصور	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	عضوا
أ.د/ سعيدي محمد	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	عضوا
د/ عبد الصمد رقية	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	عضوا
د/ ربعين أعمر	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	عضوا

السنة الجامعية : 2021م/2022م

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الجزائر 2 معهد الآثـار

أبو القاسم سعد الله

صيانة وترميم الخشب الأثري

ـ قلعة الجزائر أنموذجا ـ

أطروحة لنيل شهادة دكتوراه علوم في صيانة وترميم الأثار

إعداد الطالبة: الإشراف :

شلبي زينب أ.د. حميان مسعود

لجنة المناقشة :

أ.د/ حنفي عائشة	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	رئيسا
أ.د/ حميان مسعود	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	مقررا
د/ تازروت منصور	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	عضوا
أ.د/ سعيدي محمد	جامعة أمحمـــد بوقـرة – بومـرداس	عضوا
د/ عبد الصمد رقية	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	عضوا
د/ ربعين أعمر	جامعة الجزائر 2 أبو القاسم سعد الله	عضوا

السنة الجامعية : 2021م/2022م

People's Dimocratic Repablic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Algiers 2 Abu Al-Qassim Saad Allah
Institute of archaeology

Conservation and restoration of archaeological wood's Algiers's citadel as a model

Thesis for Ph.D. Science in conservation and restoration of archaeology

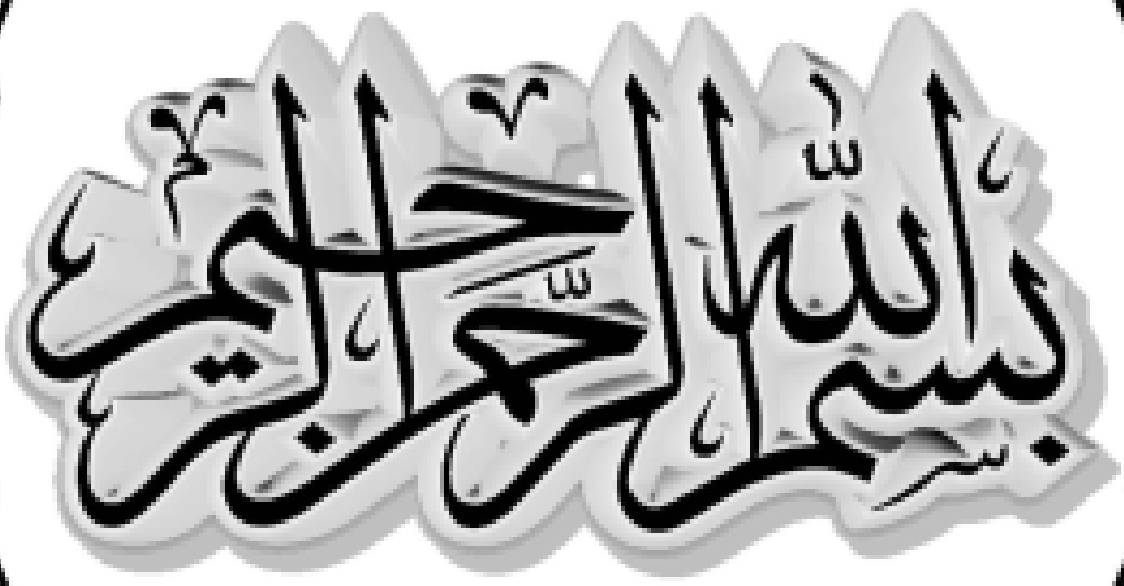
By :
Chelbi Zineb

Supervised by :
Professor Hamiane Messaoud

Discussion Committee members :

Pr. Hanafi Aicha	**University of Algeria 2 Abu al-Qassim Saad Allah**	**President**
Pr . Hamiane Messaoud	**University of M'Hamed Bougara Boumerdes**	**supervisor**
Dr. Abdessmed Rekia	**University of Algeria 2 Abu al-Qassim Saad Allah**	**Examiner**
Dr. Rabaine Amar	**University of Algeria 2 Abu al-Qassim Saad Allah**	**Examiner**
Pr. Saidi Mohamed	**University of M'Hamed Bougara Boumerdes**	**Examiner**
Dr.Tazrout Mansour	**University of M'Hamed Bougara Boumerdes**	**Examiner**

College year : 2021/2022


بسم الله الرحمن الرحيم

الإهـــــداء

أهدي ثمرة هذا العمل إلى:

أمي وأبي

وأسأل الله أن يسكنهما فسيح جنانه

و يجعل قبرهما روضة من رياض الجنة يارب

وإلى زوجي وكل العائلة والأصدقاء .

شكر و تقدير

أتقدم بشكري وخالص امتناني وعرفاني إلى الأستاذ المشرف حميان مسعود على تحمله لي، وعلى دعمه ونصائحه وتوجيهاته التي كانت عونا وسندا لي لإتمام انجاز هذه الأطروحة .

كما أتقدم بجزيل الشكر وخالص العرفان إلى الأستاذة عبد الصمد رقية على تقديم الدعم والمساعدة و النصيحة ووقوفها بجانبي لإتمام الأطروحة .

شكري الخاص للسيد حمير بومدين على مساعدته لي في أطروحتي فله مني جزيل الشكر وخالص العرفان .

كما أخص بالشكر أيضا السيدة العابد نادية (الوكالة الوطنية للقطاعات المحفوظة) على تقديم يد العون لي .

كما لا يفوتني أن أشكر عمال قلعة الداي كل من شلوتي فوضيل، هاشمي سعدي سحتوتي سولاف على مساعدتهم لي ، من دون أن أنسى السيد زكار عبد الوهاب المدير العام للديوان الوطني لحماية واستغلال الممتلكات الثقافية العقارية على التسهيلات التي قدمها لنا أثناء انجاز هذه الاطروحة .

كما أشكر الآنسة مرزوق نعيمة على مساعدتها لي ، والسيد محند صغير أبركان على المساعدة التي قدماها لي .

والشكر موصول إلى عمال مصلحة مديرية الغابات بمليانة بولاية عين الدفلى ، وكذلك عمال مقاطعة الغابات بدائرة تابلاط ولاية المدية .

دون أن أنسى كل من ساهم في هذا العمل من عمال مخبر الخشب في جامعة بومرداس ، والأستاذ تازروت منصور على تقديمه يد العون لي .

إلى لجنة المناقشة التي قبلت قراءة الأطروحة.

إلى من مد لي يد العون من قريب أو بعيد .

إلى كل هؤلاء لكم مني جزيل الشكر وخالص العرفان والتقدير.

الملخص
الهدف الرئيسي للبحث هو دراسة حالة صيانة وتلف الخشب الأثري، اقترحنا خشب قلعة الجزائر نموذجا لهذا العمل، وهذا بغية تقديم منهاج سليم لكيفية صيانة وترميم الأخشاب الأثرية المستعملة كمادة إنشائية أو زخرفية مع مراعاة لأهم المواد التقليدية و الحديثة .
- جاءت الأهداف الفرعية للإجابة على الهدف الرئيسي لإشكالية الموضوع و تتضمن كل من معرفة طبيعة مادة الخشب ، التقنيات المستخدمة في بناء القلعة ،الخلفية التاريخية مع الموقع الجغرافي لها و العوامل المؤثرة عليها ، وعلى الخشب بصفة عامة وآليات تأثيرها وتفاعلها بصفة خاصة ومختلف المظاهر التي تتركها ، علاقة هذه العوامل بدرجة تلف خشب القلعة و حالة حفظه بحيث مكنتنا من اختيار فعالية الطرق والوسائل المستعملة في صيانته وترميمه.
- اختلاف خصائص خشب العرعر البربري أدى إلى الاختلاف في درجة التلف ، إلا أن تعرض القلعة للكثير من التغيرات وعوامل التلف أنتج مظاهر أو تغيرات سلبية ظهرت في كل مواد بناء القلعة ومن بينها الخشب ، وهذا بالرغم من عمليات الصيانة والتدعيم والترميم التي انطلقت منذ وقت طويل.
- اثبتت الدراسة أن المواد الخشبية تتأثر بعاملين أساسيين يرتبطان ببعضهما ارتباطا وثيقا ، وهما الرطوبة والعامل البيولوجي ، فتؤدي الرطوبة المرتفعة إلى إحداث تدهورات مهمة في المادة الخشبية، كالتغير في الأبعاد ، التسبب في التشققات ، إضعاف الخصائص الميكانيكية والتأثير على مختلف الخصائص الفيزيائية ، زيادة على تحفيز ظهور العامل البيولوجي المتمثل في الفطريات والحشرات وما يسببه من تلف على المادة الخشبية .
- بينت التجارب أن خشب العرعر البربري يصنف ضمن الاخشاب الراتينجية النصف ثقيلة إذ تقدر كثافته بين 0.50 و 0.52 غ/سم^3 ، كما يعتبر من الأخشاب المتجانسة من حيث التغير في الأبعاد على المستوى القطري أو المماسي ، زيادة على اعتباره من الأخشاب التي لها انكماش حجمي متوسط (13.82% ، 10.46 %) ، لذلك لا نجد تشققات كبيرة في أخشابها ، وينتمي هذا الخشب إلى الأخشاب العصبية(bois nerveux)(معامل انكماشه في العينة الأولى يقدر بـ 0.46 %) ما يسمح باستعماله في البناء و التسقيف ، أما العينة الثانية فمعامل انكماشها 0.34 % بحيث يمكن ادراجها ضمن الأخشاب الأقل عصبية والتي تستخدم في النجارة وهذا الاستعمال وارد في خشب العرعر البربري ، كما يمكن أن نرجع الاختلاف إلى تغير نسبة رطوبة العينات ، وتأثرها بعوامل التلف ، ومنطقة أخذ العينة من الساق نفسه ، فهذه العوامل تؤثر على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب، ولخشب العرعر البربري مقاومة جيدة للضغط في الاتجاه المحوري يقدر بحوالي 57 ميغا باسكال ومقاومة جيدة للانحناء 132 ميغا باسكال في العينة الأولى ، أما العينة الثانية فتقدر مقاومتها للضغط في الاتجاه المحوري 51 ميغا باسكال ، ومقاومة الانحناء بـ 127 ميغا باسكال .
- وأظهر تشخيص حالة الحفظ لخشب القلعة تأثره بعامل الرطوبة والعامل البيولوجي بدرجة كبيرة ، والذي أنتج مظاهر تلف مختلفة مثل التشقق ،الانكسار ، فقدان الأجزاء ، تغير اللون ، فقدان المتانة والقوة ، وتخشن السطح ،وتشكل الثقوب ، ما يستدعي التدخل المستعجل من أجل صيانتها وترميمها ، للحفاظ على أصالتها وكمالها وقيمتها التاريخية والأثرية ، تتمثل حماية الخشب في المعالجة ضد الرطوبة باستخدام الزيوت ، أو الصبغات استعمال مبيدات بالرش أو الحقن ضد الفطريات والحشرات، سد الشقوق والثقوب بمعجون من الخشب ، و لإصلاح الأسقف أو استبدالها اقترحنا خشب العرعر البربري من بغابات مزغنة بتابلاط و مليانة كخشب بديل للخشب الاصلي و ذلك لإزالة الأجزاء التالفة والمتدهورة جزئيا أو كليا .

الكلمات المفتاحية: الخشب الأثري ، قلعة الجزائر ، خشب العرعر البربري ، عوامل التلف ، معالجة الخشب و اقتراحات الترميم .

Résumé :

Le but de notre travail est l'étude de l'état de conservation du bois (cas de la Citadelle d'Alger), afin de proposer une méthode fiable d'entretien ; compatible avec le bois ancien.
Le bois de la citadelle est utilisé comme matériau de construction ou de décoration.
La connaissance de la nature du bois, les techniques de constructions, le contexte historique, la localisation géographique, les facteurs qui affectent le bois en général et ceux qui endommagent le bois de la citadelle en particulier sont autant de questions, qui nous ont permis de répondre à notre but et de proposer les moyens et les méthodes efficaces pour l'entretien et la restauration du bois de la citadelle.
Le diagnostic sur site nous a permis de mettre en exergue les deux paramètres majeurs de dégradations du bois au niveau de la citadelle.(L'humidité et le facteur biologique).
L'humidité élevée entraîne des changements importants dans la matière ligneuse, tels que le changement des dimensions, la fissuration, l'affaiblissement des propriétés mécaniques et l'influence sur les différentes propriétés physiques. Le deuxième paramètre est le facteur biologique (champignons et insectes) ou son évolution est stimulée par l'humidité.
Les résultats d'analyses du premier échantillon du bois de thuya ont montré une densité de 0.50 g/cm^3 et un retrait de volume moyen de 13.82 % ,et un coefficient de retrait de 0.46%, ce qui le classe parmi les bois nerveux à caractère sec, mieux résistant à l'humidité, avec très peux de fissuration. Ainsi qu' il permet une utilisation dans les constructions et dans les toits de maison comme madrier .
Cependant les résultats du deuxième échantillon ont montré une densité de 0.52 g/cm^3 et un retrait de volume moyen de 10.46 %, et un coefficient de retrait de 0.34%, ce qui a permis de le classer parmi le bois de thuya peu nerveux. Il est utilisé en menuiserie. La résistance moyenne à la compression est de 57 MPa, et la flexion est de 132 MPa pour le premier échantillon. Pour le deuxième échantillon, la valeur de la compression est de 51Mpa et la celle de la flexion est de 127Mpa. La différence peut également être attribuée à la modification de la teneur en humidité des échantillons, à leur impact sur les facteurs de dommages et à la zone d'échantillonnage de la tige ou grume, qui influe sur les propriétés physiques et mécaniques du bois. À l'issu de ces résultats et du diagnostic sur site ; nous avons proposé différentes méthodes d'entretien et de restauration suivant les différents paramètres d'altération et les différents types de dommages ou dégradations du bois à savoir :
Traitement du bois avec des fongicides et des insecticides, efficaces par injection, imprégnation, ou revêtement, bien que ce dernier n'offre pas une protection complète. Le bois extérieur doit être enduit de revêtements anti-humidité et résistant au rayonnement solaire, pour éviter la décoloration, de même la réparation et le remplacement des tuiles cassées est nécessaire . La réparation de l'étanchéité et le nettoyage des canaux de drainage de l'eau de pluie pour éviter leur écoulement dans le bâtiment. La substitution du bois anciens et dégradé par le bois de thuya de la région de Tablat et de Miliana est recommandée.

Mots-clés : bois archéologique, Citadelle d'Alger, Thuya berbèrie , facteurs de dégradation, méthodes de conservation , traitement du bois, restauration.

الهيكل التنظيمي للأطروحة الدكتوراه

صيانة و ترميم الخشب الأثري
قلعة الجزائر أنموذجا

المقدمة

الفصل الأول

- قلعة الجزائر ، هيكلتها و تدخلات الترميم

الفصل الثاني

- أنواع الخشب واستعمالاته

الفصل الثالث

- تلف و صيانة الخشب الأثري

الفصل الرابع

- عوامل التلف ، الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة
- المحور الأول : عوامل ومظاهر تلف خشب القلعة
- المحور الثاني :الأعمال التجريبية لخشب القلعة
- المحور الثالث :اقتراحات الصيانة و الترميم لخشب القلعة

الخاتمة

قائمة المختصرات

قائمة المختصرات

PKZ : Polski Konserwacja Zabytków .

EBA : Entreprise du Bâtiment Alger .

CCN : Centre Climatologique National .

ONM : Office National de Métrologie

ORGM : Office National de la Recherche Géologique et Minière .

NFB : Norme Française de bois .

CTBA : Centre Technique du Bois et de l'Ameublement .

AFNOR : L'Association française de normalisation .

ANAPSMH : l'agence nationale d'archéologie et de protection des sites et monuments historiques .

ICOMOS: International Council Of Monuments and Sites.

OFIRAC : Office d'Intervention et de Régulation d'Opérations d'Aménagements sur la Casbah d'Alger.

OGEBC : L'Office de Gestion et Exploitation des Biens Culturale conservé.

قائمة المصطلحات

قائمة المصطلحات

Anisotropie	تباين الخواص
Anobidés	سوسيات الخشب
Aréolé	مستدير
Aromatique	عطرية
Aubier	الشكير أو اللحاء
Bleuissement	الازرقاق (تعفن أزرق)
Bois de loup de thuya	خشب تضخم جذع العرعر
Bouche pore	غالق المسام
Capricorne des maisons	قرنبيات المنازل
Cérambycidés	زعفوفيات (حشرات غمدية الأجنحة)
cheville d’injection	دبوس، برغي حقن
Chromophore	حاملات اللون
Coléoptères	غمديات الأجنحة (الخنافس)
Compression axial	الضغط المحوري
Contrainte	الإجهاد
Cupressacée	السرويات
Curculionidé	سوسيات (فصيلة خنافس صغيرة)
Dépolymérisation	إزالة التبلمر
Duramen	الجلب
Duraminisation	تخشب
Echauffure	عفن
Exofibrose	تليفات خارجية
Fente	شق
Fibrose	تليف

Flexion statique	الانحناء السكوني
Fourmis	نمل
Gélivure	تصدع بسبب الجليد
Insectes xylophage	الحشرات الخاشبة
Isoptère	متساوية الأجنحة
Juniperus	العرعار
Larve	اليسروع ، اليرقانة
Lenzite	فطر اللونزيت
Liber	النجب
Mérule	فطر الميرال (الباكي)
Moisissure	عفن
Nymphes	الخادرة أو الحورية
Pesticide	مقاوم للطفيليات
Phénolates	الفينولات
Phénoxyle	الفينوكسيل
Photodégradation	التدهور الضوئي
polysaccarides	عديدات التسكر
Pourriture alvéolaire	تعفن وانحلال نخروبي
Pourriture cubique	عفن مكعبي
Pourriture fibreuse	عفن ليفي
Pourriture molle	عفن لين
Poutre	الروافد ، العارضة
Prosenchyme	بروزنشيم
Pyrolyse	انحلال حراري
Quinone	الكينون مركب بنزيني يحوي ذرتي أكسجين

Retrait radial	التقلص في الاتجاه القطري
Retrait tangentiel	التقلص أو الانكماش في الاتجاه المماسي
Roulure	انصداع وتفكك
Saprophytes	رمامة
Solive	عارضة ، جائزة ، كمرة
Spermaphyte	النباتات البذرية
Syringaldhyde	سيرينغ ألدهيد (نوع من الكحولات)
Termite	أرضة ، سرفة
Tetraclinis Articulata	تيتراكلينيس أرتيكولاتا
Vanilline	نوع من السكريات
Vrillette	سوسة الخشب

المقدمـــــة

مقدمة

تمتلك الجزائر تراثا ماديا كبيرا ومتنوعا، ينبغي المحافظة عليه وترقيته وتأهيله باعتباره موردا ومرجعا تاريخيا مهما، وأساسا من أسس الهوية الوطنية ، ويعتبر الخشب أحد مكونات هذا التراث ومن أكثر المواد الطبيعية استخداما في مختلف الحضارات ، نظرا لوفرته ، تجدده ، طبيعته، تنوعه وخصائصه المختلفة ، وقد استغله الانسان في الكثير من المجالات والميادين أهمها البناء وفي صناعة الأثاث والسفن ، كما أنتج منه الكثير من الأعمال الفنية التي تشهد على براعة صانعيها ، وما يزال الخشب يحتل مكانا بارزا في عصرنا هذا رغم ظهور الكثير من المواد المستحدثة .

ومن بين الأنواع المستخدمة نجد خشب العرعر البربري ، الذي يعتبر نوعا مميزا لشمال إفريقيا ، وقد استعمل هذا النوع في المباني في الفترة العثمانية وفي قلعة الجزائر خصوصا .

وتتأثر المادة الخشبية بعدد من عوامل التلف الفيزيائية ، الكيميائية ، الميكانيكية والبيولوجية ، نظرا لطبيعة خصائصها ومميزاتها ، فتتفاعل هذه الخصائص مع مختلف عوامل التلف مما يؤدي إلى تأثير سلبي على المواد الخشبية المستعملة والتي قد تصل إلى الفقدان التام لها ، وهذا ما يستدعي دراسة موضوعية وشاملة لكيفية وآلية التلف بغية إيجاد طرق ومناهج من أجل صيانة وترميم المواد الخشبية الأثرية ، والحد من مختلف عوامل التلف التي تتعرض لها ، خاصة في ظل التطورات الحاصلة في مواد وتقنيات الترميم .

فموضوع بحثنا هو **دراسة صيانة وترميم الخشب الأثري قلعة الجزائر أنموذجا** ولدراسة هذا الموضوع والإلمام بكل جوانبه قمنا بتحديد طبيعة المواد و تقنيات البناء والمرجعية التاريخية للقلعة ، مع تشخيص مختلف عوامل ومظاهر التلف بخشب القلعة ، كما قمنا بالتعرف على مادة الخشب وأنواعه وخصائصه وبنيته وتركيبته واستعمالاته ، وركزنا على خشب العرعر البربري بذكر خصائصه ووصفه مورفولوجيا اعتمادا على المراجع المتوفرة والدراسات السابقة ، والتطرق إلى مختلف العوامل التي قد تؤدي إلى إحداث أضرار وتدهور في الخشب عامة ، مع التعرف على مختلف المواد والتقنيات والوسائل المستخدمة في صيانة وترميم الأخشاب ، زيادة على القيام ببعض التجارب

المخبرية بهدف التعرف على أهم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر ، وكنتيجة قمنا بوضع اقتراحات لكيفية صيانة ومعالجة مادة الخشب الأثري الموجود بالقلعة بهدف المحافظة عليه .

أهمية دراسة الموضوع:

تكمن أهمية هذا الموضوع في كيفية الوصول إلى منهاج ملم بكل العوامل التي تؤدي إلى تدخلات دقيقة وملائمة على الخشب ، من خلال دراستنا لحالة حفظ الخشب وخشب العرعر البربري خصوصا في القلعة وعلى مختلف العوامل المؤثرة عليه ، وآلية تأثيرها والمظاهر التي تخلفها ، مع معرفة أهم الطرق والوسائل التي بإمكانها أن تقضي على هذه العوامل أو تخفف من أضرارها على الخشب ، للوصول إلى المعالجة الفعالة التي تحافظ على الخشب الأثري دون احداث خلل في مهامه ، وتبنى مفاهيم جديدة وتحسينها دون تهديد وجوده ، أو التأثير على أصالته وكماله باعتباره مادة أثرية تختزن معلومات مختلفة.

أسباب اختيار الموضوع :

اخترنا موضوع صيانة وترميم الخشب الأثري بقلعة الجزائر لأهمية مادة الخشب وتأثرها بمختلف عوامل التلف، ولقلة الدراسات التي تناولت هذه المادة وخاصة خشب العرعر البربري في مجال الصيانة والترميم ، إضافة للأهمية التاريخية والأثرية والفنية التي يتمتع بها هذا الصرح المعماري (القلعة) والحالة المتدهورة التي يعاني منها ، وخاصة حالة مادة الخشب ، ومن أجل المساهمة في اعداد منهج يمكن اتباعه عند ترميم المواد الخشبية المستعملة أساسا في البناء أو الزخرفة .

الإشكالية :

تمحورت إشكالية البحث فيما يلي :

ما هو نوع الخشب المستعمل في قلعة الجزائر، وما هي خصائصه وأهم عوامل التلف المؤثرة عليه؟ ، وما هي أنجع الطرق والوسائل لصيانته وترميمه ؟ .

وقد دفعتنا هذه الإشكالية إلى طرح عدة تساؤلات فرعية نذكر منها :

- ما هي التقنيات والمواد المستخدمة في بناء القلعة ؟ .
- ماهي أنواع ، تركيبة وخصائص الخشب عموما ؟.

- ماهي مختلف العوامل التي تؤدي إلى تدهور الخشب عموما ، وفيما تتمثل طرق ووسائل صيانته وترميمه ؟.

- هل يمكننا معالجة خشب القلعة أو استبداله بخشب آخر يتلاءم مع محيط ومواد القلعة؟

الدراسات السابقة :

بحسب ما أتيح لنا من معلومات من مكتبة معهد الآثار ، ومكتبة جامعة بومرداس ، والأرشيف الموجود في حصن 23 ، فإن الدراسات التي تناولت مادة الخشب على مستوى بلادنا كانت قليلة ، على الرغم من وجود العديد من رسائل الماجيستير والدكتوراه خاصة في مصر والتي كان من الصعب الوصول إليها ، في حين الدراسات التي تناولت قلعة الجزائر فهي عديدة .

- دراسة الطالب ربعين أعمر في رسالة ماجستير في تخصص الصيانة والترميم بعنوان : تأثير عوامل التلف البيولوجية على المادة الخشبية الأثرية دراسة عينية نموذجية ،معهد الأثار ، 2007 - 2008 .

- دراسة الطالب ربعين أعمر في رسالة دكتوراه في تخصص الصيانة والترميم بعنوان : مناهج وتطبيقات حفظ وصيانة وترميم الممتلكات الثقافية الخشبية - الدراسة البكتيريولوجية لبكتيريا الخشب – معهد الآثار ، 2015- 2016.

- دراسة الطالبة بوعلي صليحة في إطار تحضير مذكرة ماستر في الصيانة والترميم بعنوان : دراسة تشخيصية لتحف خشبية بمتحف الباردو وتطبيق تجريبي للزيوت الأساسية كمبيدات للحشرات المتلفة للخشب ، معهد الأثار ، 2017 - 2018 .

- دراسة الطالبة مطروح أم الخير في أطروحة دكتوراه في تخصص الآثار الإسلامية بعنوان : صيانة وترميم منشآت قلعة الجزائر العثمانية دراسة أثرية للتغيرات الطارئة عليها ومشاريع صيانتها وترميمها ، معهد الآثار ، 2010 - 2011 .

- دراسة الطالب سعيد مهيبل في مذكرة ماجستير في الآثار الإسلامية بعنوان : مواد وتقنيات البناء في قصر الداي بقلعة الجزائر في العهد العثماني دراسة معمارية أثرية ، معهد الآثار ، 2008-2009 .

- دراسة الطالبة جدي صليحة في مذكرة ماجستير في الآثار العثمانية بعنوان : مساكن قلعة الجزائر دراسة معمارية فنية ، معهد الآثار ، 2010- 2011 .

- دراسة الطالب زروال رضوان في مذكرة ماجستير في تخصص الإنسان والمحيط مقاربة أثرية وأثرية قياسية بعنوان : إعداد تركيبة لملاط الجير لترميم المباني الأثرية قلعة الجزائر أنموذجا ، معهد الآثار ، 2010- 2011 .

- دراسة الطالب بلعيدي مراد في مذكرة ماجستير في تخصص الإنسان والمحيط مقاربة أثرية وأثرية قياسية بعنوان : دراسة خصائص الطلاء الأثري وتشكيل تركيبة لاستعمالها في الترميم قلعة الجزائر أنموذجا، معهد الآثار ، 2010- 2011 .

- Alain bouineau , Citadelle d'Alger expertise des travaux de protection provisoire et des travaux de restauration proposés , UNESCO , Paris , 1985 .

- PKZ , Etude de mise en œuvre de la citadelle d'Alger, contrat signé par le ministère de la culture sous référence n° : 64 du 23.01.1979, Varsovie 1980

- Andrzej Macur ; Actualisation des études de restauration a la citadelle d'Alger ; Palais des Beys projet d'adaptation – Architecture, Volume 2.7.a.1 , 2012

منهجية الموضوع :

اعتمدنا على جلب المادة العلمية لدراسة موضوع البحث وذلك باستقراء مضامينها، واستنباط كل ما يمكن أن يشمل الموضوع من الناحية التاريخية والعلمية والأثرية الخاصة بالقلعة ومادة الخشب ، لذلك استخدمنا كل من المنهج التاريخي الوصفي ، كما استعملنا المنهج التجريبي عند القيام بالتحاليل الفيزيائية والميكانيكية على خشب العرعر البربري ، ومن ثمة تحليل وتفسير هذه النتائج .

تقسيمات الموضوع :

للإجابة على الاشكال المطروح والوصول إلى أهداف دراستنا قسمنا هذا العمل إلى أربعة فصول ، حيث اشتمل الفصل الأول على دراسة لقلعة الجزائر تاريخيا ، جغرافيا ، مناخيا و جيولوجيا ، ووصف لمختلف منشآت القلعة ، وكذا التطرق إلى المواد والتقنيات المستعملة في بناءها لما لها من تأثير كبير على حالة حفظ القلعة وتحديد عمليات الترميم التي ستتم مستقبلا ، مع ذكر لأهم أنواع الأخشاب المستعملة في البناء ومنها خشب العرعر البربري الذي يعتبر أكثر أنواع الأخشاب استعمالا، إضافة إلى ذكر مختلف التدخلات التي أجريت على القلعة انطلاقا من الفترة الفرنسية وصولا إلى سنة 2018 ، مع ذكر سلبيات ومحاسن هذه التدخلات .

أما الفصل الثاني فتضمن دراسة لمادة الخشب من حيث التعريف به باعتباره من أقدم المواد التي استعملها الانسان عبر العصور ، الأنواع ، البنية ، التركيبة الكيميائية ، ومختلف الخصائص ، إذ يتصف الخشب بخصائص سهلت من استعماله كخفة الوزن ، وقوة التحمل ، واتجدد الطبيعي ، وغيرها من الخصائص والتي يمكن تحسينها بإضافة مواد طبيعية أو صناعية ، إضافة إلى التطرق إلى تصنيع الخشب من تجفيف وتقطيع ، كما تطرقنا إلى خشب العرعر بتعريفه ووصفه نباتيا مورفولوجيا ، حيث أنه ينتمي إلى فصيلة السرويات، مع ذكر خصائصه المختلفة واستعمالاته في قلعة الجزائر باعتباره أكثر الأنواع وجودا بالقلعة نتيجة الديمومة وقوة التحمل مع باقي أنواع الأخشاب الخرى (الصنوبر ، وخشب الأرز) .

أما الفصل الثالث فخصصناه لدراسة عوامل التلف المؤثرة على الخشب الأثري وطرق وتقنيات ومواد الصيانة والترميم المختلفة ، وهي دراسة نظرية بيبليوغرافية حتى يتسنى لنا جمع قدر كبير من المعرفة حول مختلف عوامل التلف وآليات تأثيرها على الخشب ، إضافة إلى التعرف على مختلف المواد والطرق المستعملة في صيانة وترميم الأخشاب ، مع عرض لتجربة مشروع أورو متوسطي سوري لمعالجة مختلف أنواع تلف الخشب المستعمل في المباني بصفة خاصة ، زيادة على معرفة كيفية معالجة وحماية الأخشاب المغمورة بالمياه .

في حين كان الفصل الرابع تطبيقيا وقسم إلى ثلاثة محاور، خصص المحور الأول للدراسة الميدانية وهي تشخيص مختلف عوامل ومظاهر التلف لخشب القلعة عموما ، خشب العرعر البربري بصفة خاصة، إذ لاحظنا أن أكثر العوامل تأثيرا هي الرطوبة والعامل البيولوجي ، وهذا ما أدى بنا إلى التفكير في قياس تغيرات نسبة الرطوبة في القلعة للوقوف على هذا المشكل لأنه العامل الذي يحفز ظهور العامل البيولوجي والمتمثل خاصة في الفطريات والحشرات والتي لها تأثيرها المدمر على الخشب ، أما المحور الثاني فخصص لدراسة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري ، حيث تم أخذ عينات من خشب القلعة وبعد إعدادها بشكل جيد من تقشير وتسوية لها وقطعها بأشكال ومقاييس مناسبة ، تم استعمالها في تجارب لمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لها حيث يمكن استعمال هذه النتائج في اقتراح أخشاب مناسبة للاستبدال والترميم ، كما قمنا بالتعرف على نسبة الرطوبة ودرجات الحرارة من 22 فيفري 2018 إلى غاية 31 أكتوبر 2018 بشكل دقيق جدا باستعمال جهاز **Thermo-hygro Botton** ،في حين خصص المحور الثالث لوضع اقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة ، حيث تم اقتراح استبدال خشب العرعر البربري المستعمل في القلعة بخشب العرعر البربري المتواجد في كل من غابة زكار بمليانة أو خشب العرعر البربري من غابة مزغنة بتابلاط ولاية المدية لقرب المسافة ، إضافة إلى اقتراح استعمال مبيدات للفطريات والحشرات بطريقة التشبيع ، ودهان الأخشاب براتينجات مانعة للرطوبة.

ثم اختتمنا البحث بحوصلة للدراسة التي قمنا بها مع استغلال النتائج والاستفادة من تطبيقها في صيانة الخشب الأثري .

المصادر والمراجع :

قمنا في هذه المرحلة بمراجعة ومطالعة ما تيسر من المصادر والمراجع التي كانت تتناول موضوع البحث بصفة مباشرة أو غير مباشرة .

- استندنا في بحثنا على المؤلف علي خلاصي في كتابه قصبة مدينة الجزائر بجزأيه، في التعرف على تاريخ القلعة وهيكلة بنائها.

- كما استفدنا من كتاب إبراهيم محمد عبد الله عن علاج وصيانة التحف الخشبية لمعرفة وتشخيص عوامل التلف المختلفة وذكر المواد والتقنيات المستخدمة في ترميم صيانة الخشب .

- ومن المراجع المعتمد عليها كتب لكل من ديني بيبونيه عن حفظ الأخشاب المتعددة الألوان .

- كذلك مذكرة ماجيستير لابراهيم محمد صفاء محمد بعنوان: دراسة علمية تطبيقية لعلاج وصيانة بعض التحف الخشبية الأثرية الإسلامية المزخرفة برقائق جلدية والطبقات الملونة تطبيقا على بعض التحف من مجموعة المتحف الإسلامي بالقاهرة ، في كيفية تلف وترميم الخشب .

- كما استفدنا من كتاب لسطاس محمد راتب ، سعود أنور أوس عن مواد البناء واختبارها في التعرف على الخشب وبنيته والعوامل المؤثرة عليه .

- كذلك استعنا بكتب ومقالات مكنتنا من التعرف عن القلعة، الخشب ، خشب العرعر البربري أو عوامل التلف التي تصيب الخشب وتحديد طرق الصيانة والعلاج ومنها :

- VENET .J ; Identification et classement des bois français , Centre de Nancy , France .

- Weissenfeld Peter , König Holger ; Entretien écologique du bois , Traduction de Denis Griesmar , la plage édition , France ,2008 .

- Roquebert M.F ; Les contaminants biologiques des biens culturels, ELSEVIER , Paris , 2002 .

- CTBA ; Le traitement des bois dans la construction , 2ème édition , Eyrolles , Paris , 2000 .

-Hadjadj Kouider, Latreuch Belarouci Assia ;" Synthèse bibliographique sur le thuya de berberie (Tetraclinis articulata Vahl Mast) " , In Geo –Eco – Trop , N 41 , 2017

- كما اعتمدنا على أطروحات دكتوراه عن خشب العرعر البربري

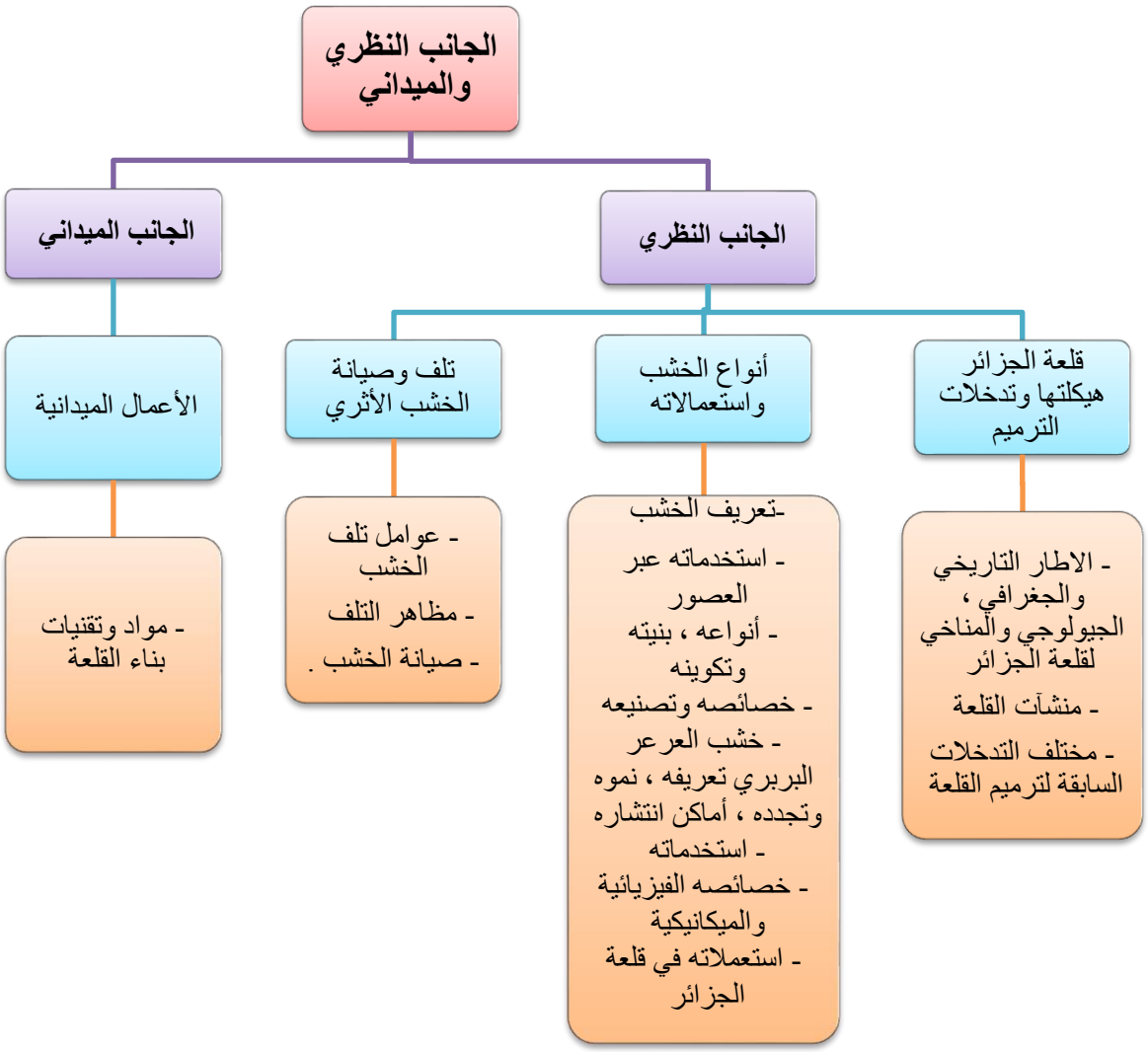
- Haddad Ahmed ; Etude des caractéristiques anatomique ,chimique et papetiere du bois de Thuya de Berbèrie (Tetraclinis Articulata Vahl) , Thèse de doctorat en foresterie , Université Aboubekr Blkaid de Tlemcen .
- ElMouridi Mohammed ; Caractérisation mécanique de la loupe de thuya (Tetraclinis articulata (Vahl) Masters) en vue de sa valorisation , Thèse de doctorat en mécanique et génie civil , Université de Montpellier 2.

الجانب النظري

الجانب النظري

الهدف من دراسة هذا الجانب و استنادا إلى المرجعيات المختلفة هو جمع المعلومات المتعلقة بقلعة الجزائر تاريخيا ، جغرافيا ، مناخيا ، طبيعة المواد وتقنيات بناء القلعة ، ودراسة للخشب مع التركيز على خشب العرعر البربري، من حيث خصائصه وأنواعه مع تفصيل لأهم عوامل التلف وآليات تأثيرها على الخشب بصفة عامة ، والتعرف على مختلف الطرق والتقنيات والمواد القديمة والحديثة المستعملة في صيانة وترميم الأخشاب.

الهيكل التنظيمي للجانب النظري والميداني



الفـــصـــل الأول:

قلعة الجزائر، هيكلتها وتدخلات الترميم

الفصل الأول : قلعة الجزائر ، هيكلتها وتدخلات الترميم

تمهيد

1- الاطار الجغرافي ، التاريخي ، الجيولوجي و المناخي لقلعة الجزائر

2- منشآت قلعة الجزائر

3- مواد و تقنيات بناء قلعة الجزائر

4- مختلف التدخلات السابقة لترميم القلعة

5 – خلاصة

تمهيد :

تعد قلعة الجزائر أو القصبة كما يدعوها الكثيرون أحد المباني الهامة في المدينة وتضم عددا من الشواهد المادية الباقية من حقبة التواجد العثماني بالمنطقة ، ولقد استعمل في بنائها مواد وتقنيات مختلفة ساهمت في صمودها ، كما ساهمت مختلف التدخلات التي عرفتها القلعة على الحفاظ على هويتها واستمراريتها . خضعت القلعة للعديد من التدخلات بهدف الحفاظ عليها ، ولكن على الرغم من ذلك كانت هناك بعض التدخلات التي أضرت بأصالة القلعة وهويتها (كالتدخلات الفرنسية مثلا)، نتيجة قلة خبرة العمال والدراسات المتخصصة ونقص التمويل ، وما تزال التدخلات متواصلة إلى غاية اليوم .

1- الاطار الجغرافي ، التاريخي ، الجيولوجي و المناخي لقلعة الجزائر

1.1- الإطار الجغرافي لقلعة الجزائر

تقع قلعة الجزائر في حي طالب محمد بمرتفعات القصبة على ارتفاع 118 م فوق مستوى سطح البحر، بالقرب من وزارة الدفاع، و تقع عند التقاء سوري المدينة ، اللذين ينطلقان من بوابتي باب الواد و باب عزون و بذلك تأخذ المدينة شكلا مثلثا يبلغ محيطه تقريبا 350 متر ، و في هذه النقطة ترتفع بطارية مستديرة أو شبه محدبة يحدها سوران خارجيان هما امتداد لأسوار المدينة ، و من الداخل سور آخر يفصلها عن المدينة[1]، تتربع القلعة على مساحة تقدر بـ 9000 م^2 منها 7500 م^2 مبنية [2] ، شكل رقم (01) صورة جوية للقلعة ، شكل رقم (02) موقع القلعة على الخريطة .

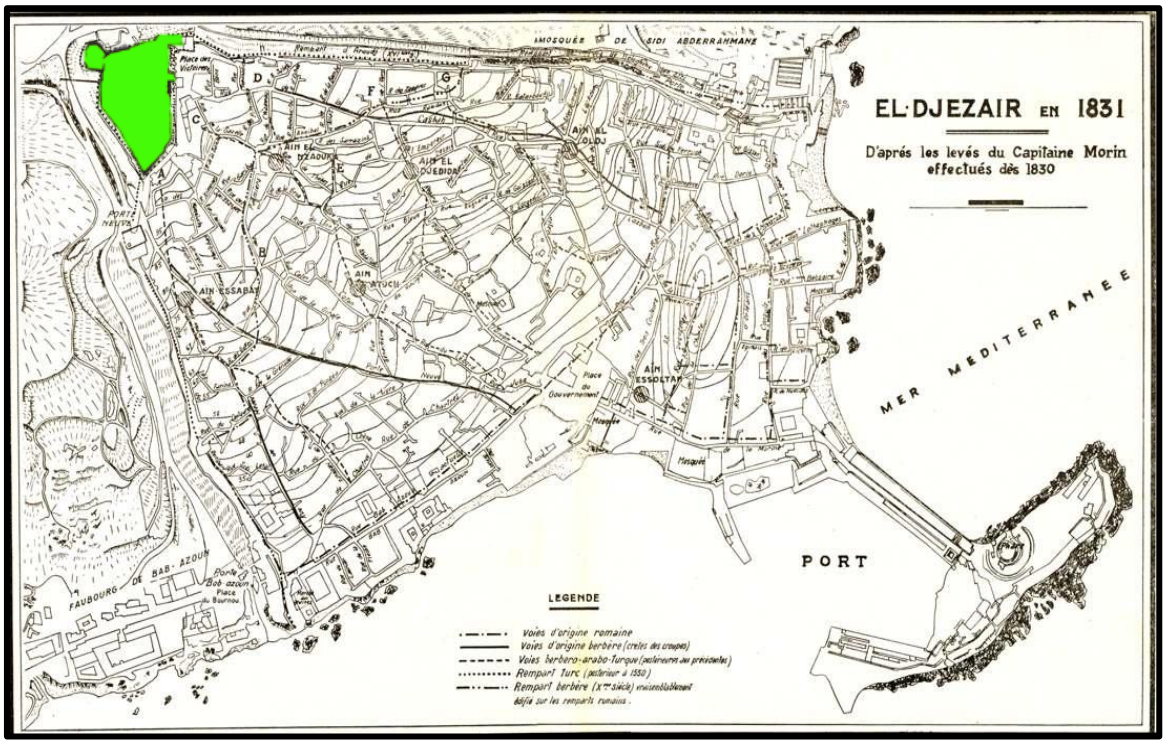
شكل رقم (01) صورة جوية لقلعة الجزائر https://earth.google.com

شكل رقم (02) موقع قلعة الجزائر على الخريطة https://www.google.com/maps

[1] - مصطفى بن حموش و بدر الدين بلقاضي - خطط مدينة الجزائر من خلال مخطوط ديفولكس و الأرشيف العثماني - أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 2004، ص 59 .

[2] - Bouineau Alain - Citadelle d'Alger expertise des travaux de protection provisoire et des travaux de restauration proposés - UNESCO ,Paris , 1985 , p 2 .

وتقع قلعة الجزائر في الناحية الغربية للمدينة تتوج قمتها التي على شكل مثلث ، وهي تحتل جزءا كبيرا منها و يفصلها عنها سور يحيط بها. تطل القلعة من ناحيتها الشرقية على المباني التي تنزل متدرجة نحو البحر وعلى أسوار المدينة وعلى الميناء وتحصيناته وتطل من ناحيتها الجنوبية و الغربية على الريف و على حصني الامبراطور و النجمة [1]، وقد كانت بمثابة القلعة الحصينة للداي و قصره[2] . شكل رقم (03) موقع قلعة الجزائر على خريطة من سنة 1831.



شكل رقم (03) موقع قلعة الجزائر على خريطة من سنة 1831 عن -http://alger roi.fr/Alger/documents_algeriens/culturel/images/75_rue_plan_1831

2.1- 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 الداي علي خوجة قصر الجنينة ليستقر في القلعة ، لتصبح المقر الجديد للحكم [3] ، وبعد عام من ذلك، قام خليفته رئيس الوصاية الداي

[1] - مصطفى بن حموش ، بدر الدين بلقاضي ، المرجع السابق ، ص 49 .
[2]- Haedo F.D - Topographique et histoire générale d'Alger - R.arf, 1871, p 428 .
[3]- Marçais G - L'architecture musulmane d'occident- Paris 1952. P438

حسين، بتجديد بناء بعض المنشآت، وقد تم تقسيم بناء القلعة إلى أربعة مراحل استناد إلى علي خلاصي وذلك تبعا لتقنيات ومواد البناء [1] وهي :

1.2.1- 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 الديوان .[2]

2.2.1- 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 .[3]
- 1716 زلزال عنيف دمر المدينة وأجزاء من القصبة ، وقد تم اصلاح الأجزاء المتضررة من القصبة .[4]

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

- 1817 انتقال علي خوجة إلى القصبة وتحويل خزينة الدولة وكل الأجهزة الادارية إلى القلعة واتخاذها قصبة بمفهومها الحقيقي .
- 1818 الداي حسين يضيف المسجد والطوابق العليا من قصر الداي ويبني قصر البايات .
- 1822 بناء المسجد البراني وإضافة عدة أقسام إلى قصر الداي .
- 1830 دوبرمون يحتل القصبة ويقيم بها .[5]

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

- 1840 تحويل عدة أقسام من القصبة إلى مستشفى عسكري .[6]
- 1844 شركة النقل العمومية تشق طريق محمد طالب على حساب الحديقة الصيفية ومسجد الجيش .
- 30 مارس 1887 تصنيف القصبة كأثر تاريخي .

---

[1] - خلاصي علي - قصبة مدينة الجزائر- ج 1 ، ط 1 ، دار الحضارة ، الجزائر ، 2007 ، ص 57 .
[2]- الوكالة الوطنية للأثار وحماية المعالم التاريخية - مشروع ترميم قصبة الجزائر وقصر الداي - تيبازة ، 1988 ، ص 3 .
[3] - نفسه، ص 3
[4] - نفسه ، ص 3
[5] - نفسه ، ص 3- 4 .
[6] -Klein H - Le vieil Alger et sa banlieue - Archive du ministère de la guerre 1912. Tome III. P19

- 1908 ترميم عدة أجزاء من قصر الداي ، وتهديم البطارية السادسة .

- 1930 تحويل عدة أقسام من القصبة إلى متحف فرنسي .

- 1962 تحويل القطع المتحفية إلى فرنسا وإخلاء القصبة ثم اسكانها من طرف 1500 نسمة.[1]

وشملت هذه المجموعة : قصر الداي والملحقات الخاصة به، وحمام الآغوات، قصر البايات والمباني الملحقة، مخزن الذخيرة، المسجد الداي ومسجد الجيش ، شبكة توزيع المياه، الكازمات أو المخازن وخمس بطاريات للمدافع. شكل رقم (04) مجسم لقلعة الجزائر.

شكل رقم (04) مجسم لقلعة الجزائر

3.1- الإطار الجيولوجي والطبوغرافي لقلعة الجزائر

1.31- الاطار الجيولوجي للقلعة

تتألف البنية التحتية للقلعة من تكوينات رسوبية تعود لكل من الزمنين الجيولوجيين الثالث والرابع ، بالإضافة إلى صخور كريستالوفيلية فالتكوينات التي ترجع لهذه الفترة الأخيرة [2] ، من الحقبة الباليوزواكية شديدة التحول ونجدها في الشمال الغربي من الإقليم الجزائري وتتألف من الشيست المختلف : الطيني ، السيريسيتي ، الميكاسي وثنائي الميكا ، سيريسيتو - فلدسباثي ، بالإضافة إلى الكلس الشبيه بالسكر ذا الحبيبات الدقيقة ذات التبلور التقريبي .[3]

[1] - الوكالة الوطنية للأثار وحماية المعالم التاريخية ، المرجع السابق ، ص 4 .

[2]- ORGM - Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie Wilaya d'Alger - Edition du service géologique de l'Algérie , Boumerdès , 2000 , P 6 .

[3]- ORGM , Op cit , 2000 , P 6 .

و تم بناء القلعة على صخور من الكاربونات المتكونة من تشكيلات متحولة ومتفككة عن الطبقة العلوية والسطحية ، هذه التشكيلات المتميزة بوجود طيات واضحة متناوبة لطبقات صلبة متجانسة وأخرى لصخور أكثر هشاشة ، حيث تتكون الصخور المتجانسة من الدولوميت ، والكالسيت والكوارتز وأيضا من البيريت والليمونيت ، أما الصخور الهشة فهي من الشيست ، السريسيت وأجزاء من التالك وعروق من الكوارتز ، كما تحتوي مخططات الانقسام على عروق صغيرة من الكالسيت ، السريسيت مع الهيماتيت والليمونيت .[1]

الصخور الشيستية تحوي منطقة عميقة من التفكك والتعرية بواسطة الماء ، تحوي مستويات الانزلاق التالك ورطوبة من مياه الأمطار والتي يمكن أن تخلق اختلالات وانهيارات أرضية ، والتي يمكن أن تشكل أضرار وخطرا على الأجزاء الواقعة في هذه المناطق .

في المنطقة رقم 15 الأرضية (أنظر الشكل رقم 53)الصخرية بجانب الشارع يتجاوز مستواها بحوالي 2 إلى 4 م أبعد من الجدار القديم الموجود على الصخور ، والذي أثرت على الجدار .

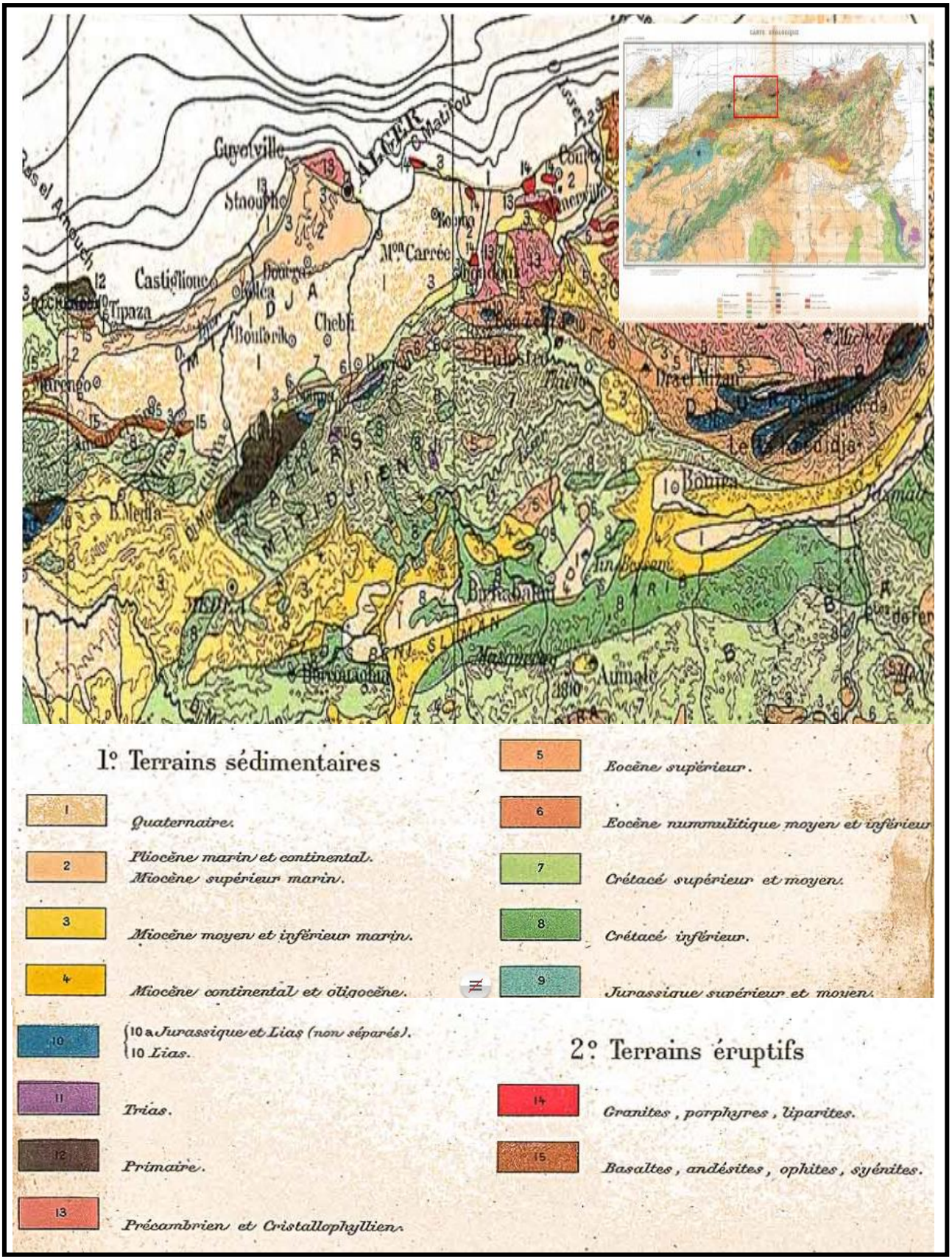
أما المنطقة التي يقع فيها مصنع البارود فيتواجد بها الشيست تحت الجدران والدعامات ، ذو لون أزرق رمادي يحوي أنماط انقسام متقاربة جدا .

أما المنطقة رقم 12(أنظر الشكل رقم 53) والتي تقع بين المسجد القديم ومطابخ الداي فتحوي عمق قدره حوالي 60 سم لأرضية صخرية من الشيست الرمادي السريسيتي .[2]

والشكل رقم (05) خريطة جيولوجية للجزائر .

[1] - Pulikowski Adam -Etude II gt –Expertise géotechnique Citadelle d'Alger - contrat no 64 du 23-01-1979 , Varsovie , Décembre 1980 , p 5-6 .

[2] - Ibid , p 6-7 .



شكل رقم (5) خريطة جيولوجية للجزائر
http://cinumed.mmsh.univ-aix.fr/collections/carto/Pages/AAT/fasc-01.aspx

2.3.1- الإطار الطبوغرافي للقلعة

تحتل مدينة الجزائر النهاية الشرقية لجبل بوزريعة ، وهو جبل ينتهي في الجهات الشرقية بعدة نتوءات منها ثلاث رئيسية ، يقع البروز الأول على ارتفاع 240 م فوق سطح البحر ويحمل حي الأبيار ،أما البروز الثاني فيرتفع إلى 216 م وقد بني عليه حي الإمبراطور (سكالا حاليا) ، والبروز الثالث والذي يعلو ب 120 م عن مستوى سطح البحر ويبدو كمدرج منحدر نحو حي البحرية وقد أسست عليه المدينة القديمة ويتوج بقلعة الجزائر [1]، وتشكل هضبة الأبيار التي تبدأ من ارتفاع يقدر 240 م وتمتد نحو الشرق مع تناقص الارتفاع إلى حد 50 م مدرجا واسعا ، يتكون من درجتين السفلية التي يصل ارتفاعها إلى 20م والتي يوجد فيها حي البحرية ، أما الدرجة الثانية فتضم المدينة القديمة للقصبة على مستوى جامع سيدي رمضان[2] ، ويفصل هذه النتوءات عن الكتلة الرئيسية لجبل بوزريعة واد ابن الأزهر في الجهات العليا ، و وادي المغاسل في الجهات الوسطى ثم ما يعرف بباب الواد في الجهات السفلى، وما يلاحظ على سطح المدينة أنه يمتاز بتضاريسه الوعرة والملتوية ، إذ تتنوع بين التلال و الهضاب الانحدارات الحادة ، تقطعها عدة أودية و شعاب ، و نظرا لصعوبة تضاريسها فغالبا ما كان يرتكز السكان في المنطقة الساحلية رغم ضيقها والتوسع نحو المناطق الداخلية أو بمعنى أصح المرتفعة كان بطيئا[3] . شكل رقم (06) الخريطة الطبوغرافية لمدينة وقلعة الجزائر .

[1] - حليمي عبد القادر - مدينة الجزائر نشأتها وتطورها قبل 1830 - ط 1 ، الجزائر ، 1972 ، ص 40 .

[2] - Lespèse .R - Alger Esquisse de géographie urbaine - Ancienne maison Bastide-Jourdan Jules Carbonel Imprimeur - Libraire – Editeur , Alger , 1925 , Pp 14 , 15 .

[3] - حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 33 .

الشكل رقم (06) خريطة طبوغرافية لمدينة الجزائر والقلعة
عن المعهد الوطني للخرائط الطبوغرافية والاستشعار عن بعد

4.1- الإطار المناخي لقلعة الجزائر

تنتمي مدينة الجزائر لمناخ البحر الأبيض المتوسط والذي يتميز باعتدال الطقس ونلاحظ فيه فصلين متباينين ، الأول مطير ودافئ وطويل وهو الشتاء (إذ تتعدى كمية الأمطار المتساقطة فيه 1000 ملم خلال السنة) ، والثاني جاف وحار وقصير وهو الصيف ، والمدى الحراري به ضئيل عموما، ومع مشكلة الاحتباس الحراري فإننا نلاحظ تغيرا بارزا في المناخ عما كان عليه سابقا ، إذ أصبح أكثر جفافا في الصيف وأكثر برودة في الشتاء[1] .

2- منشآت قلعة الجزائر

1.2- قصر الداي

يقع قصر الداي في الركن الشمالي الشرقي من القلعة، و يعتبر أهم منشأة في هذا المجمع المعماري من حيث الحجم والسطح ، تقدر مساحته الإجمالية بـ 2118 م^2 [2]، وهو يتألف من أربعة أجنحة : الشرق والجنوب والغرب والشمال يتوسطهم فناء أو باحة كبيرة ويتألف الجناح الغربي من أربعة مستويات بينما تتكون الأجنحة الأخرى من ثلاثة مستويات، و يوجد

[1] - لعروق محمد الهادي - أطلس الجزائر و العالم - دار الهدى ، عين مليلة ، دت ، ص 18
[2] - بورابة لطيفة - مباني قلعة الجزائر العثمانية دراسة تاريخية وأثرية - في مجلة علوم الانسان والمجتمع ، العدد 11 ، سبتمبر 2014 ، ص 175.

تحت أرضية الفناء خزان لتخزين مياه الأمطار و قد تعرض هذا المبنى المحاط بالأسوار إلى ما لا يقل عن ثلاثة عمليات توسيع[1].

وبني في وقت لاحق مقر إقامة نساء الداي (الحريم) في الجناح الغربي، فقد تم توسيع الطابق الأرضي لاستيعاب قاعة المحكمة. ثم تمت إضافة شقة الداي و الكشك في الجناح الشمالي وسطح للعبور في الجناح الغربي و المطبخ في الجناح الجنوبي . الشكل رقم (07) موقع القصر على المخطط و الشكل رقم (08) صورة لقصر الداي من الداخل .

الشكل رقم (07) موقع القصر على المجسم عن الباحثة

الشكل رقم (08) صورة داخلية للقصر

2.2- قصر البايات

يقع قصر البايات في الزاوية الجنوبية الشرقية من القلعة، هو ثاني أهم المباني من حيث الحجم والسطح وقد خصص هذا القصر لبايات قسنطينة ووهران والمدية الذين يأتون كل ثلاث سنوات، وهو بشكل مستطيل يتكون من أربعة طوابق وملحقات منخفضة على مستوى واحد أو مستويين بالنسبة للجانب الجنوبي ،على امتداد تاريخه شهد قصر البايات عدة عمليات توسيع وتعديلات .[2] الشكل رقم (09) و(10) صورة لقصر البايات وموقعه على المجسم.

[1] –PKZ- Etude de mise en œuvre de la citadelle d'Alger - contrat signé par le ministère de la culture sous référence n° : 64 du 23.01.1979, Varsovie 1980, P67

[2] – Ibid , P68.

الشكل رقم (09) موقع القصر على المجسم عن الباحثة

الشكل رقم (10) صورة لقصر البايات

3.2- المسجدين القديم و الجديد

وتحتوي القلعة على مسجدين، الأول القديم وهو مسجد الجيش والذي يقع بين مصنع البارود وخزان الماء من الناحية الجنوبية ، ومسجد الداي وجناح خوجة الباب وقد أزيل الجزء الشرقي منه في وقت الاحتلال [1].

أما المسجد الثاني فهو مسجد الداي و يعود تاريخه إلى 1818م وهي سنة تقلد الداي حسين للحكم و قد تم تحويله إلى كنيسة خلال الحقبة الفرنسية[2] . شكل رقم (11) و(12) صورة للمسجد الجديد والقديم وموقعهما على المخطط .

شكل رقم (11) موقع المسجدين على المجسم

شكل رقم (12) صورة للمسجد الجديد والقديم عن الباحثة

[1] - خلاصي علي ، المرجع السابق ، ج 2 ، ص 9 .

[2] – Marçais G ; Op cit ,p431

4.2- مصنع الذخيرة

يقع مصنع البارود في الجزء الأوسط من القلعة تحده من الجهة الشمالية البطارية الأولى وحديقة النعام ، ومن الجهة الشرقية قصر البايات، ومن الجنوب البطاريتان الثالثة والرابعة ومن الغرب مسجد الجيش وحديقة خوجة الباب [1]، وهو عبارة عن مبنى مثمن الشكل مقبب[2]. هذا المبنى المهم يتكون من مستوى واحد ،وهو يمثل أيضا زنزانة تحيط بها الغرف المقببة من الجزء السفلي . شكل رقم (13) و(14) صورة لمصنع الذخيرة وموقعه على المجسم .

شكل رقم (13) موقع المصنع على المجسم عن الباحثة

شكل رقم (14) صورة لمصنع الذخيرة عن الباحثة

5.2- المخابئ

تقع المخابئ في الجهة الشمالية الشرقية من القلعة وهي قائمة على السور، تم تشكيلها في القرن السادس عشر ميلادي بإضافة بعض الغرف المقعرة إلى الجدران القائمة على طابقين، وتم بناؤها على بطريقة العقود التي تستند على أعمدة مستطيلة ، كما ترتفع هذه العقود على أعمدة من حجارة التوفا ، وتعلو هذه المخازن على مستوى الطابق الثاني البطارية رقم 02 لمراقبة الجهة البحر [3]. الشكل رقم (15) و(16) صورة لمخابئ قلعة الجزائر وموقعها على المجسم .

[1] - خلاصي علي ، المرجع السابق ، ص 118 .

[2]- Klien Henri - Feuillets d'El-Djezaïr - Comité du vieil Alger , Tome I , Editions du Tell , Algérie , 2003 , p 88.

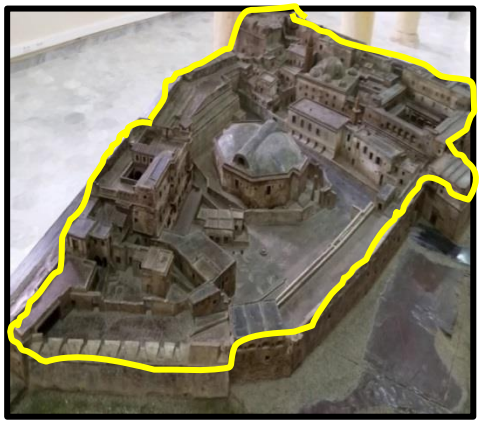
[3]- Ministère de la communication et de la culture - Evaluation financière des travaux de restauration Citadelle d'Alger - Juillet 2003 , p 35.

شكل رقم (15) موقع المخابئ على المجسم عن الباحثة

شكل رقم (16) صورة تمثل المخابئ عن الباحثة

6.2- الحصون أو الأسوار

تلعب الأسوار دورا هاما في تخفيف ارتداد ضربات المدافع ، ويبلغ ارتفاعها 8.5 م كحد أدنى بالنسبة للمعقل الثاني و 17.5 م كأعلى حد و الموجود في المعقل الخامس، كما أنها بنيت بواجهات خارجية منحنية و سميكة، متوجة بشرفات بها ثغرات للمدافع[1] ، ونظرا للتوسيعات الجديدة أضيفت مباني جديدة فأصبحت هذه الأسوار جزءا من المباني وأساسا لها كقصر البايات وقصر الداي [2]، زودت الأسوار بالبطاريات والتي كان عددها سبعة بقيت منها خمسة في جهات مختلفة من القلعة ، وكان هدفها حراسة القلعة من مختلف الجهات.[3] شكل رقم (17) و(18) صورة لأسوار القلعة وموقعها على المجسم .



شكل رقم (17) موقع أسوار القلعة على المجسم . عن الباحثة

شكل رقم (18) صورة لأسوار القلعة عن الباحثة

[1]- Andrzej Macur - Actualisation des études de restauration a la citadelle d'Alger ; Palais des Beys projet d'adaptation – Architecture - Volume 2.7.a.1 , 2012 , p11.

[2] - Ministère de la communication et de la culture ; op cit , p 32 .

[3] - علي خلاصي ، المرجع السابق ، ص 68- 69.

7.2- حي الانكشاريين

يتألف هذا الحي من مجموعة من الأجزاء بنيت على طول الجزء الشمالي الغربي من أسوار القلعة، ويجاورها قصر الداي من الجانب الشرقي للجناحين الجنوبي والغربي.

هذا القطاع محدود بالممر المؤدي من قصر الداي إلى البطاريات 4 و 5 هذه المنطقة هي واحدة من أقدم وحدات التخزين من القلعة ، بعد سنة 1830م استخدمت المباني في منطقة الحي الانكشاري كثكنات العسكرية ومخازن للجيش، بعد الاستقلال أصبح الحي مكانا مناسبا للسكن من طرف العائلات النازحة ما جعله في وقتنا الحاضر في حالة رديئة [1] . شكل رقم (19) و(20)صورة للحي الانكشاري وموقعه على المجسم .

شكل رقم (19) موقع الحي الانكشاري على المجسم عن الباحثة

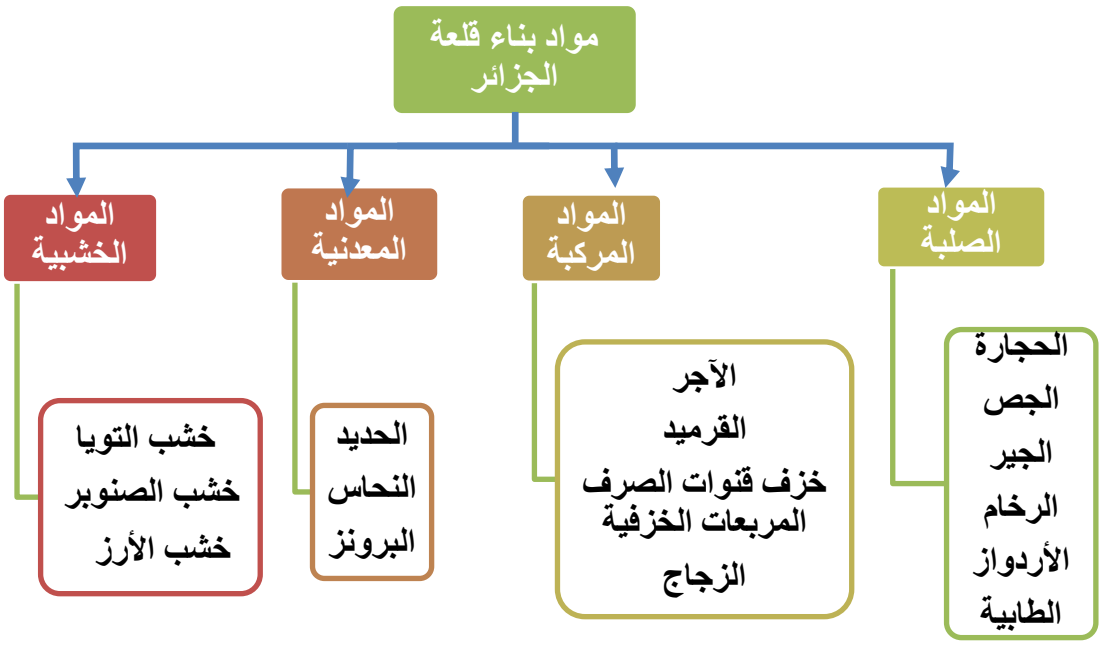
شكل رقم (20) صورة للحي الانكشاري عن الباحثة

3- مواد و تقنية بناء قلعة الجزائر

1.3- مواد البناء المستعملة في قلعة الجزائر

لقد تنوعت مواد بناء قلعة الجزائر و اختلفت استعمالاتها فنجد الحجارة و الآجر الذين كانا المادتين الأساسيتين في البناء بالإضافة إلى الرخام ، الخشب و مواد أخرى كلها أعطت الطابع العسكري و المدني العثماني للقلعة. و الشكل رقم (21) مخطط لمواد بناء القلعة

[1] - Ministère de la communication et de la culture ; op cit , p 34.



الشكل رقم (21) مخطط لمواد بناء القلعة عن الباحثة

1.1.3- المواد الصلبة

1.1.13 - الحجارة : تعتبر أقدم مادة طبيعية استعملت في البناء ، وقد شاع استعمالها لتعدد وظائفها ، واستعملها المعماري الجزائري في الفترة العثمانية بكثرة ، وفي قلعة الجزائر كان الحجر يستخدم في شكل غير منتظم لبناء الجدران في الطابق الأرضي والأسس، واستخدم أيضا في تشكيل تركيبات مشتركة مع البلاط. و يأخذ الحجر عدة ألوان ، كالرمادي أو الأصفر ، واستعملت أنواع مختلفة من الحجارة كالحجر الكلسي والتوفا .

- **الحجر الكلسي :** هو من الصخور الرسوبيّة ، يتكوّن من شوائب السيليكا و الحجر الكلسي النقيّ ، لونه أبيض و لكن قد يتواجد بألوانٍ متعدّدة ، منها الأصفر و الرمادي ، نظراً لوجود بعض الشوائب مثل الرمل و أكسيد الحديد و الطمي ، و يكون إجمالاً بشكل حبيبات ناعمة أو خشنة و أحياناً بشكل عروق . يُعرف بانخفاض قساوته ، و يكون موجوداً بنسب كثيرة في القشرة الأرضيّة [1] ، و يرجع أصل الحجر الجيري إلى بيئة ترسيبه [2] .

[1] - عطا الله ميشيل كامل - أساسيات الجيولوجيا- ط 1 ، درا المسيرة ، عمان ، 2000 ، ص 228 .
[2] - صفي الدين محمد - جيومورفولوجية قشرة الأرض - دار النهضة العربية ، بيروت ، 1971 ، ص 58 .

وتم استخدام الحجر الكلسي في أطر الأبواب والأعمدة والقباب وفي أسس الجدران وفي تشكيل تركيبات مع الآجر في الجدران .

- **التوفا :** و هو حجر جيري رملي عالي المسامية وهو عبارة عن رواسب جيرية مسامية إسفنجية الشكل ، تتكون من المواد الجيرية حول حواف بعض الينابيع والعيون المائية والينابيع الحارة ، كما قد تترسب أحيانا عند بعض جوانب المجاري النهرية التي ترتفع نسبة كاربونات الكاليسيوم في مياهها[1]، كان يستخدم في الأعمدة والتيجان ، وتركيب إطارات الأبواب ، وأحيانا نجده في الجدران مع الآجر، يتميز بمقاومة ضعيفة للرطوبة، لذا فإنه غالبا ما يتدهور في الأوساط الرطبة، فيتفتت ويفقد قوته. شكل رقم (22) صورة لاستخدام الحجارة في القلعة .

الشكل رقم (22) صور لاستخدامات الحجارة في القلعة عن الباحثة

2.1.1.3 - الجص : هو عبارة عن مادة ماسكة تؤدي دور الربط ، وهو عبارة عن مسحوق أبيض اللون يتحصل عليه بحرق صخر الجبس في درجة حرارة ابتداء من 170° م ، ويتطلب كمية من الماء تعادل تقريبا حجمه ومن مميزاته :

- مسامي لا يمكن استعماله في الأماكن المعرضة للرطوبة .
- لا يترك مدة طويلة من غير استعمال إذا مزج بالماء [2] .

[1] - الغنيم عبد الله يوسف - الموسوعة الجيولوجية - ج 2 ، ط 1 ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، ص 119 .
[2] - عبد الله محمد علي - الزخرفة الجبسية في الخليج- ط 1 ، مركز التراث الشعبي ، 1985 ، ص 122 .

ولقد عرفت مدينة الجزائر ونواحيها بتوفر الأفران التي تصنع الكلس منها التي كانت موجودة في باب الوادي ، ويتم استعمالها كمادة تضاف للملاط أو كمادة زخرفية حية [1] .

3.1.1.3 - الجير : يعتبر الجير من بين أهم المواد المستخدمة في البناء وهو ذو نوعين هما الجير الهوائي والجير المائي ، أما الهوائي فيتصلب في الهواء مباشرة بعد زيادة الماء وهو الأكثر شيوعا واستعمالا في تحضير الملاط ، أما النوع الثاني فهو الجير المائي الذي يتكون من خليط من الكلس والطين ويتصلب في الهواء والماء وهو بذلك لا يتأثر بالرطوبة [2].

4.1.1.3 - الرخام : هو حجر صلب يتكون من كاربونات الكاليسيوم المتبلورة الموجودة في الطبيعة أو من بلورات معدن الكالسيت أو الدولوميت التي تنشأ من عمليات التحول الطبيعية[3] ، استعمل في أطر الأبواب والأعمدة والتيجان ، التي وزعت على الصحون والأروقة ، والأعمدة الحلزونية الصغيرة الموجودة في سقيفة قصر الداي وفي مسجد الداي وقصر البايات ، وتنوعت الأعمدة في الشكل فنجد منها الحلزونية والملساء والمزدوجة (نصف أملس ونصف حلزوني ، أو نصف مثمن والجزء العلوي حلزوني) ، كما استعملت في تبليط درجات السلالم وأفاريز جدران الأروقة الفاصلة بين طوابق القصر ، كما بلطت به أرضيات الطوابق الموجودة بجانب الصحون ، في شكل سداسي غير موحد المقاييس ، إضافة إلى استعماله في اطارات النوافذ التي تطل على صحن قصر الداي من الجهة الشمالية والتي جاءت ملساء ، كما نجده في أطر الأبواب الرئيسية للمنشآت وفي نافورة قصر الداي . شكل رقم (23) استخدامات الرخام في القلعة .

[1] - عقاب محمد الطيب - قصور مدينة الجزائر في العهد العثماني - جامعة الجزائر ، معهد الآثار ، 1984 – 1985 ، ص 207 .
[2]- Adam J P - La construction romaine, matériaux et techniques- 2éme édition, G. M. Picard, Paris ,1989, p 76 .
[3] - محمد عاصم رزق - معجم مصطلحات العمارة والفنون الاسلامية - مكتبة مدبولي ، مصر ، 2000 ، ص 118 .

الشكل رقم (23) صور لاستخدامات الرخام في القلعة عن الباحثة

5.1.1.3 - الأردواز : يتكون من كتلة الشيست وهو ذو لون رمادي أسود ، شكله عبارة عن قطع كبيرة الحجم يتراوح سمكها ما بين 5 و 6 سم ، ومادته سهلة الانكسار والتشويه ونستطيع استعماله في صنع الرفوف وألواح الكتابة أو أحصن الدرج ، وقد استعمله العرب في تغطية قبورهم ، وكان يستخرج من الواد الكبير بالقرب من البليدة [1] ، واستخدم في الأدراج وعتبة الأبواب وظلة للنوافذ الخارجية.

شكل رقم (24) صورة لاستخدام الأردواز في القلعة. عن الباحثة

شكل رقم (24) صورة لاستخدام الأردواز في القلعة

6.1.1.3 - الطابية : هي مادة طبيعية طينية أو كلسية تضاف إليها قطع صغيرة من الحصى أو الفخار أو بقايا الأواني الفخارية ، ثم يضاف لها المادة الجيرية من أجل تثبيتها وإعطائها قوة التصلب [2] ، والطابية نوع من الخرسانة وهي لا تزال سائلة تتحول بعد التصلب إلى حجر شديد الصلابة لا تؤثر فيه العوامل الخارجية ، وذلك لشدة تلاحمه القوية بفعل اختلاط أجزاء الجير والتراب والكلس ، واعتبرت مادة الطابية من أهم المواد الإنشائية التي استعملت في المباني العسكرية ، وهذا لما تتميز به من

[1] - Ville M - Les gites minéraux et les matériaux de construction de l'Algérie - Paris , 1869 , p 49 .
[2] - Marçais G , op cit , p 52 .

قوة ومتانة ، إضافة إلى أنه يسهل الحصول عليها وتشكيلها وقلة تكلفتها [1] . وتم استخدامها أساسا في الأسوار الخارجية . شكل رقم (25) صورة لاستعمال الطابية .

الشكل رقم (25) صورة لاستخدام الطابية في السور الخارجي لقصر الداي عن الباحثة

2.1.3- المواد المركبة

1.2.1.3 - الآجر : هو من مواد البناء تستخدم في إنشاء الجدران والسقوف المقَبَّبة وفي تبليط الأرضيات وكسوة السقوف المائلة والجدران ، المادة الأولية لصناعة الآجر هي الغضار، وهو نتاج تفتت بعض الصخور الرسوبية بفعل عوامل الطبيعة، ويتواجد في طبقات التربة على شكل صفائح و خيوط، وأشهر فلزات الغضار هي : الكاولينيت ، المونموريُّونيت ، والإيليت وتحتوي على نسب مختلفة من السليكا والألومين [2] ، شكل رقم (26) يمثل آجر القلعة ، ويدخل في تركيب الغضار بعض الشوائب من فلزات أخرى تتحد مع مثل الكوارتز وبعض أكاسيد الحديد وكربونات

الشكل رقم (26) صورة للآجر المستخدم في ترميم القلعة عن الباحثة

[1] - Doat P , Hays A - Construire en terre - France , 1979 , p p 38 ,39.

[2] - عبد الصمد رقية - واقع الصيانة والترميم للأبراج العسكرية بالجزائر – برج تامنفوست ، ، برج حمزة ، برج موسى أنموذجا - رسالة دكتوراه في الصيانة والترميم ، جامعة الجزائر 2، 2016 ، ص 104 ، 106 ، 107 .

(فحمات)الكلسيوم و المغنزيوم، وأحياناً مواد عضوية ، وتعطي أكاسيد الحديد غضاريات الآجر ألوانها التي يتميز بها ، وأهم ما يتميز به الآجر هو أنه مادة ذات مقاومة عالية للضغط و خفيفة الوزن مقارنة بمواد الحجارة ، و هو مادة عازلة للحرارة و الرطوبة ، يتمتع بجمال الشكل و اللون معا [1] ، يتراوح سمكه ما بين 30 و 35 سم و كان يستخدم لبناء الجدران والأساسات والمخازن .

2.2.1.3 - القرميد : يعتبر القرميد من المواد المستعملة بكثرة في الأسقف المائلة ، يصنع من طينة متجانسة ذات جزيئات دقيقة خالية من الشوائب التي تعرض الطينة إلى الانشقاق بعد الصنع ، وبعد أن يكتمل الصنع تطلى ثلثي القطعة بدهن أخضر براق يجعلها غير قابلة لامتصاص الماء الناتج عن الأمطار [2] ، تجمع الطينة الصافية ثم نصنع منها أشكالا لقنوات مخروطية أو أواني بواسطة الدولاب ، ثم تترك لتجف تجفيفا أوليا ثم تقطع طوليا بواسطة آلة لتعطي لنا زوجين من القرميد [3] .

وضع القرميد في أسقف منشآت قلعة الجزائر بشكل بارز حيث ظهر الشكل المقعر والمحدب بطريقة متناوبة ، ويثبت بملاط صافي، كما استعمل أيضا على الجدران في الأطناف وفي الظلات المائلة فوق الأبواب والنوافذ . شكل رقم (27) استخدام القرميد في القلعة .

ضلة مدخل مسجد الداي — القرميد في الواجهة الشمالية لقصر الداي

الشكل رقم (27) صور لاستخدام القرميد في القلعة عن الباحثة

[1] - عبد الصمد رقية ، المرجع السابق ، ص 106 ، 107 .
[2] - باكر أندريه - المغرب والحرف التقليدية الاسلامية في العمارة - ترجمة سامي جرجس ، المجلد 1 ، إيطاليا ، 1974 ، ص 501 .
[3] - نفسه ، ص 502 .

الشكل رقم (28) صورة لخزف قنوات الماء عن الباحثة

3.2.1.3 – خزف قنوات الماء و الصرف : هي عبارة عن قطعة مستطيلة الشكل أسطوانية الطرفين تكون فيها إحدى القاعدتين أكبر من الأخرى حتى نتمكن من ادخال الواحدة داخل الأخرى لتشكيل أنبوب ، تصنع القنوات بطينة لزجة وتشكل القنوات بواسطة الدولاب اليدوي ثم تجفف وتحرق لتستعمل [1] . شكل رقم (28) قنوات الصرف الفخارية .

الشكل رقم (29) صورة المربعات الخزفية فى القلعة عن الباحثة

4.2.1.3 – المربعات الخزفية :هي المربعات المصنوعة من الطين والمطلية بطلاء أعتم ممزوج بأكسيد القصدير وأكسيد آخر للتلوين [2] .

استعملت المربعات الخزفية بكثرة في قلعة الجزائر في كل من قصر الداي والباي ومسجد الداي ، وهي متنوعة من حيث أشكالها وأحجامها وأنواع الزخارف المنجزة عليها ومصادرها ، وتتواجد في جدران السقائف و الأفاريز التي تحيط بالعقود المطلة على الصحن ، وقد تم إزالة أغلبها من أجل عمليات الترميم . شكل رقم (29) صورة لاستعمال المربعات الخزفية

5.2.1.3 - الزجاج : هو مادة صلبة غير متبلورة ليس لها تركيب شبكي داخلي ولا تتميز ذراتها بترتيب داخلي محدد ، وهو مادة منصهرة من الرمل مع قليل من الحجر الجيري (كاربونات الكاليسيوم) ، والصودا (كاربونات الصوديوم) [3] .

استعملت بشكل خاص في زخرفة الأبواب والنوافذ ويكون بلون شفاف للسماح بدخول الضوء للغرف دون استعمال القناديل في النهار ، كما نجد الزجاج الملون خاصة الأصفر

[1] - باكار أندريه ، المرجع السابق ، ص 502 ، 504 .
[2] - Soustiel J - La céramique islamique guide du connaisseur - Vilo , Paris , 1985 , p 385 .
[3] - ابراهيم محمد عبد الله - ترميم تحف الفخار والزجاج والقاشاني - ط 1 ، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الاسكندرية ، 2012 ، ص 112 ، 114.

والأخضر، وفي الحقيقة الأمر لم نعثر على هذه المادة في القلعة وهذا راجع لهشاشتها وتعرضها للانكسار أو إزالتها أثناء عمليات الترميم والاصلاح .

3.1.3- المواد المعدنية

1.3.1.3 - الحديد : لا يوجد الحديد حرا في الطبيعة إنما على شكل فلزات متكونة من مركبات مختلفة معا في التربة وممزوجة بالرمال والصخور و يدخل في تركيب القشرة الأرضية بنسبة 56% ، ويكون ذا لون أبيض أو رمادي في الحالة النقية [1].

لقد اقصر استعمال الحديد في القلعة في أقفال الأبواب المعروفة بالمزاليج والحلقات التي تمسك الأبواب ، والأبواب الرئيسية ، كما استخدم أيضا في تسييج شبابيك النوافذ المطلة إلى الخارج أو الأروقة ، واستعمل في ربط المصارع إلى الاطار الخشبي وكوات الأبواب وكذلك في تصفيح الأبواب الرئيسية لقصر الداي، وقد تم إزالة أغلبية هذه المواد من أجل عمليات الصيانة والترميم .شكل رقم (30) صورة لاستخدام الحديد في القلعة .

الشكل رقم (30) صورة عن الحديد المستعمل في القلعة
عن الباحثة

2.3.1.3 - النحاس : يعتبر النحاس من أول المعادن التي تم استخدامه واستعماله من طرف الإنسان وثاني المعادن من حيث تعدد المنافع بعد الحديد وقد تم اكتشافه منذ ألاف السنين، وهو عبارة عن فلز محمر اللون يتغير لونه وخصائصه عندما يتحد مع عناصر أخرى

[1] - طارق اسماعيل كاخيا ، رانيا عبد الظاهر نوايا - عنصر الحديد ، وجوده ، مركباته واستخداماته - جامعة البعث ، كلية العلوم الجمعية الكيميائية السورية ، ص 5، 6، 7 .

مشكلاً مركبات مختلفة [1]، ويرجع اسم أو اشتقاق النحاس إلى الأصول من الاسم اللاتيني لجزيرة قبرص سيبروس ، يتواجد في الطبيعة في عدة صور إما منفردة أو متحدة منها على سبيل المثال الأكاسيد .[2]

لم نجد كميات كبيرة من هذا المعدن ، ولكنه استعمل لتزيين الأبواب الخارجية (الرئيسية) ، وصنعت منه الحلقات والأقفال وشبابيك بعض النوافذ، والتي تم إزالتها أيضا بغرض الصيانة.

3.3.1.3 - البرونز : هو خليط من النحاس والقصدير بمعدل حوالي 80% من النحاس و20% من القصدير ، ويضاف القصدير لزيادة الصلابة ومقاومة التآكل [3]، ويمكن إضافة الرصاص ومعادن أخرى .

يستعمل البرونز عادة في الجانب التزييني ، و يوجد في القلعة بنسبة قليلة وتتمثل في المسامير التي تزين بعض أبواب المنشآت .

4.1.3- المواد الخشبية

استعمل الخشب في القلعة كمادة إنشاء كجذوع وأوتاد توضع بداخل الجدران وفي قواعد الأعمدة والتيجان كتقنية مضادة للزلازل ، واستخدم كأوتاد وأعمدة وألواح في الأسقف ، وفي أسكف الأبواب وعتباتها، كما نجده في الجانب الزخرفي في صناعة الأبواب والنوافذ والدرابزينات وفي الأسقف الملونة، وفي الظلات والكشك في قصر الداي ، ومن أنواع الأخشاب المستعملة نجد خشب الصنوبر وخشب الأرز وخشب العرعر البربري الذي هو محل دراستنا .

1.4.1.3 - خشب الصنوبر : هو من الأشجار الراتينجية يتميز خشبه باللليونة وهو ذو لون فاتح تكثر به العقد والجيوب الراتينجية ، وله رائحة مميزة ، وهناك أنواع كثيرة من الصنوبر وأشهرها الصنوبر الحلبي ، والصنوبر البحري ، وينمو في أغلب غابات الجزائر ، تم استعمال هذا النوع في أطر النوافذ والأبواب وفي التسقيف بشكل ألواح وأوتاد . والجدول

[1] - السفانا للمعلومات - حقائق عن النحاس - سلطنة عمان ، دت ، ص 3 .

[2] - https://kenanaonline.com/hasan/posts.

[3] - الوتيد هند - أشغال المعادن - محاضرات ، الأردن ، دت ، ص 10 .

رقم (01) يوضح الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الصنوبر عموما ، ولمزيد من المعلومات أنظر الملحق، والشكل رقم (31.أ) صور لاستخدام خشب الصنوبر في القلعة

جدول رقم (01) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الصنوبر [1]

الخصائص الفيزيائية والميكانيكية	الصنوبر البحري بحسب CIRAD 2012	الصنوبر الحلبي دربال وسيلة 2013
الكثافة (12%)	0.55	0.625
الانكماش القطري %	4.5	4.6
الانكماش المماسي %	9.0	4.9
معامل الانكماش الحجمي %	0.45	/
القساوة (مونى)	2.3	/
نسبة تشبع الألياف %	32	/
الانكماش المماسي / الانكماش القطري	2.0	/
مقاومة الانكسار عند الضغط (ميغا باسكال)	39	46
مقاومة الانكسار عند الانحناء(ميغا باسكال)	80	152
مقياس الليونة عند الانحناء(ميغا باسكال)	8800	9520

الشكل رقم (31.أ) صور استخدام خشب الصنوبر في القلعة عن الباحثة

[1] - TROPIX 7-©1998-2011 CIRAD fiche technique de pin maritime, p1 / Derbbal wassila, Zerizer Abdellatif , Gerard Jean – caractérisation physico-mécanique de trois espèces de bois Algériens en vue de la fabrication de carrelets 3-p pour des menuiseries intérieures , deuxièmes journées scientifiques du groupement de recherche Science du bois –champs sur Marne-19au21 novembre 2013, p1.

2.4.1.3 - خشب الأرز : ينتمي إلى الأشجار الراتينجية أيضا تنمو بشكل أساسي في المناطق الباردة ، تتميز أخشابها بالقوة والصلابة وهي ذات لون محمر ، لها جذوع طويلة ومستقيمة وهي من الأخشاب الثمينة ، تستعمل في صناعة الأثاث كالأبواب مثلا ، وفي العوارض الضخمة في الأسقف ، ونجده في الجزائر في كل من شريعة وجرجرة والمعاضيد (المسيلة) وثنية الحد (تيسمسيلت) وهي بمثابة حضائر وطنية لأنواع مختلفة من الأشجار أهمها الأرز [1] . والجدول رقم (02) يبين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الأرز ، أنظر الملحق لمزيد من التفاصيل ، والشكل رقم ((31.ب)) صور لاستخدام خشب الأرز في القلعة

جدول رقم (02) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الأرز[2]

الخصائص الفيزيائية والميكانيكية	خشب الأرز بحسب CIRAD 2012
الكثافة (12%)	0.51
الانكماش القطري %	4.1
الانكماش المماسي %	6.0
معامل الانكماش الحجمي %	0.37
القساوة (مونى)	2.4
نسبة تشبع الألياف %	28
الانكماش المماسي / الانكماش القطري	1.5
مقاومة الانكسار عند الضغط (ميغا باسكال)	42
مقاومة الانكسار عند الانحناء(ميغا باسكال)	82
مقياس الليونة عند الانحناء(ميغا باسكال)	10100

[1] - بن بلة خيرة - المنشآت الدينية بالجزائر خلال العهد العثماني - رسالة دكتوراه ، معهد الآثار ، الجزائر ، 2007 -2008 ، ص 353 .
[2] - TROPIX 7-©1998-2011 CIRAD fiche technique de Cèdre ,p 1.

الشكل رقم (31.ب) صور استخدام خشب الأرز في القلعة عن الباحثة

3.4.1.3 - خشب التويا (العرعر البربري) : هو من الأشجار التي تنمو بشمال إفريقيا وينتمي إلى الأشجار الراتينجية ، من فصيلة السرويات ، يتميز بكونه من الأخشاب الصلبة ، واستعمل بشكل أساسي في التسقيف وكدعامات داخل الجدران ، وهو الخشب المعني بالدراسة . والشكل رقم (31.ج) صور عن استخدام الخشب في تسقيف القلعة .

الشكل رقم (31.ج) صور استخدام خشب العرعر البربري في تسقيف القلعة عن الباحثة

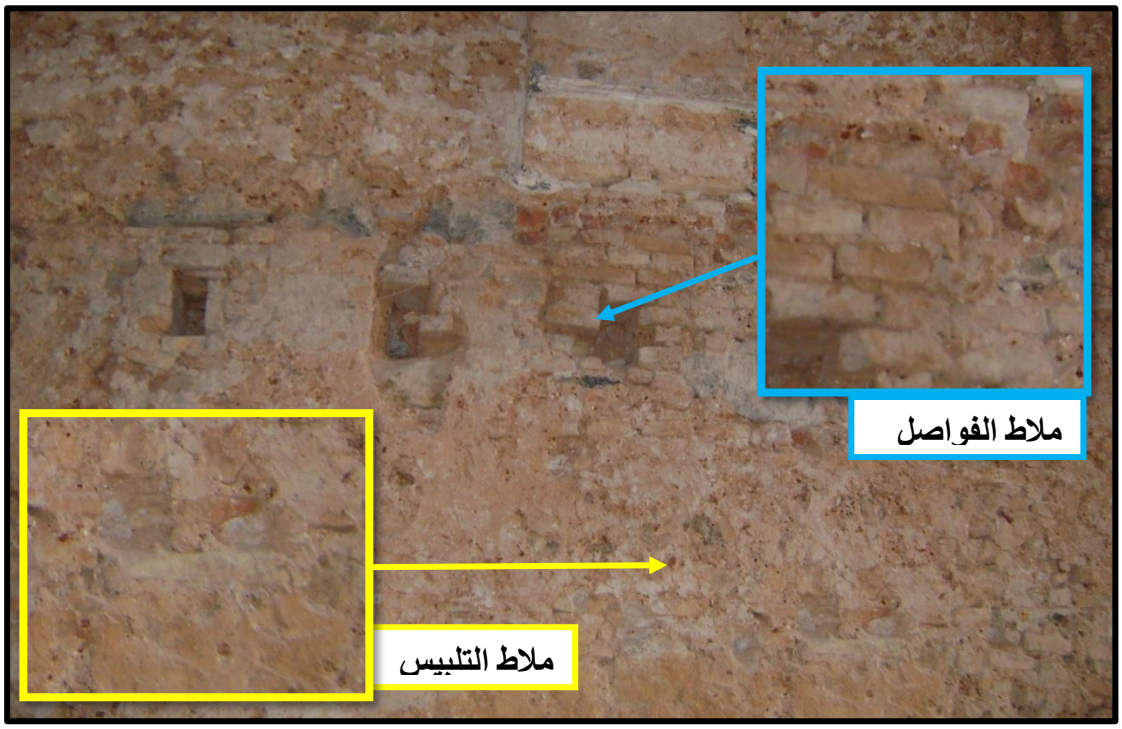
5.1.3- ملاط الربط في القلعة

يعتبر الملاط من المواد المهمة في البناء ، وهو بمثابة الرابط الماسك بين كل المواد المستعملة ، وهو عبارة عن مادة لاحمة سريعة التصلب ، متكون من حبيبات دقيقة من الرمل

والطينة والماء ، ويدعم بإضافة الجير كمادة لاحمة ، ويحصل التصلب نتيجة تفاعل كيميائي للمواد [1] .

وهو مركب يتكون من عدة مواد مختلفة رمل + تربة طينية + جير + مكونات مكسرة من القرميد والآجر والحجارة الهشة ذات الأحجام المختلفة [2]، يحضر قبل الشروع في البناء ، ويستعمل بصورة كبيرة في تسقيف السلالم والطوابق ، كما نجد ملاط يتكون من الجير والرمل ومسحوق الآجر .

- يتم استخدام الملاط لربط الطوب والحجارة التي يتم وضعها على السندات من أجل ضمان أفضل توزيع للضغوط ، كما استخدم في تغطية الجدران حماية من العوامل الخارجية الأمطار والرياح والأملاح ، واستعمل أيضا في تغطية الأرضيات والأقبية والقباب والأسقف. شكل رقم (32) صورة لملاط التلبيس و الفواصل



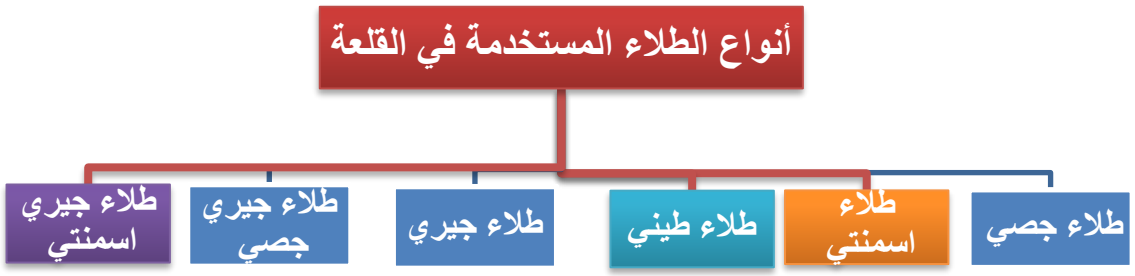
شكل رقم (32) صورة ملاط التلبيس و ملاط الفواصل عن الباحثة

[1]- Adam J P , Op cit , p 77 .

[2] - مطروح أم الخير - صيانة وترميم منشآت قلعة الجزائر العثمانية - دراسة أثرية للتغيرات الطارئة عليها ومشاريع صيانتها وترميمها- أطروحة دكتوراه في الأثار الاسلامية ، معهد الأثار ، جامعة الجزائر 2 ، 2010 – 2011 ، ص 208 .

6.1.3- أنواع الطلاء في القلعة

يمكن تمييز أنواع كثيرة من الطلاء المستخدم في بناء القلعة، والشكل رقم (33) مخطط أنواع الطلاء المستخدمة في القلعة.



الشكل رقم (33) مخطط أنواع الطلاء المستخدمة في قلعة الجزائر إعداد الباحثة

1.6.1.3- طلاء جصي : عرف الطلاء الجصي منذ القدم ، وكان يستعمل لتهيئة جدران المنازل و القصور و المقابر و المعابد و سقوفها للتصوير و النقش عليها وستر عيوب الجدران و تسوية سطوحها قبل التصوير و النقش عليها ، ويتم مزج الجص مع الماء وأحيانا يتم إضافة كميات قليلة من الرمل [1].

2.6.1.3- طلاء إسمنتي : يتم مزج الاسمنت مع الرمل والماء ، ويستعمل كملاط وطلاء في تلبيس الجدران ، تم استعماله في الفترة الاستعمارية خاصة في قصر الحريم .

3.6.1.3- طلاء طيني : هو عبارة عن تربة طينية ممزوجة بكمية من الرمل ثم يضاف إليها الماء بكمية محدودة لتعطي عجينة ، ويستعمل في طلي الجدران أيضا .

4.6.1.3- طلاء جيري : هو عبارة عن مزيج من جير وتربة طينية يضاف إليها الماء والرمل حتى تصبح مركبا صلبا ويستعمل في طلاء الجدران وفي البناء [2].

5.6.1.3- طلاء جيري جصي : يمزج 3أحجام من الجص الخشن مع حجمين من الرمل وحجم من الجير الهوائي زائد حجم ونصف من الماء ، استعمل في تلبيس الجدران[3] .

[1] - عبد المعز شاهين - ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية – مطابع المجلس الأعلى للآثار ، مصر ، 1994 ، ص 65.
[2] - مطروح أم الخير ، المرجع السابق ، ص 210 .

[3] - Les enduis extérieures plâtre et chaux en ile de France , p 8.

6.6.1.3- طلاء جيري إسمنتي : وهو طلاء مختلط يستعمل في المباني الحالية ، ويحضر بخلط الجير مع الاسمنت والرمل والماء ، وقد استعمل في الفترة الاستعمارية .

2.3- تقنية بناء قلعة الجزائر

بنيت القلعة وفقا للتقنية الدفاعية فتنوعت الأساليب حسب الحاجة والبيئة والمكان ، لأنها الوسيلة التي تضمن سلامة المبنى واستقراره ، وقد استعان المعماري بعدة تقنيات حسب الوظيفة والفعالية ، فبنيت الحصون بجدران سميكة مملوءة بطبقات من الطين أو الطين الممزوج بملاط الجير.

أما بالنسبة لجدران المباني فتكون عموما مسلحة بالجذوع الخشبية الموضوعة أفقيا ، وتم استخدام الأخشاب أيضا فوق النوافذ والأبواب لتلعب دور القوائم الحاملة.

ويتكون هيكل دعم المباني من الجدران وأعمدة البناء، أما جدران المباني فإنها سميكة ومبنية بالأجر الصلب والمسطح الذي يتراوح سمكه من 3 إلى 3.5 سم موضوع بصفة ملتحمة باستعمال ملاط الجير الوردي في غالب الأحيان مع وصلات سمكها من 3 إلى 4 سم ، وفي حالة الجدران السميكة فإن المساحة الموجودة بين الأجر تملئ بحصى الحجر أو بالطوب، ثم يسكب عليها ملاط الجير[1].

1.2.3- تقنية بناء الأساسات

الأساسات هي القاعدة السفلى للبناء، مهمتها نقل الحمولات إلى التربة، وضمان ارتكازه على الأرض ارتكازاً ثابتاً ، وتكون الأساسات في العادة مدفونة في الأرض على عمق مناسب للتأسيس يتم اختياره تبعاً لنوع المنشأة وأسلوب التصميم وقدرة تحمل التربة ، كما ينبغي مراعاة بعض الشروط عند اختيار التقنية منها : المتانة ، الصلابة ، التوازن والاستقرار [2].

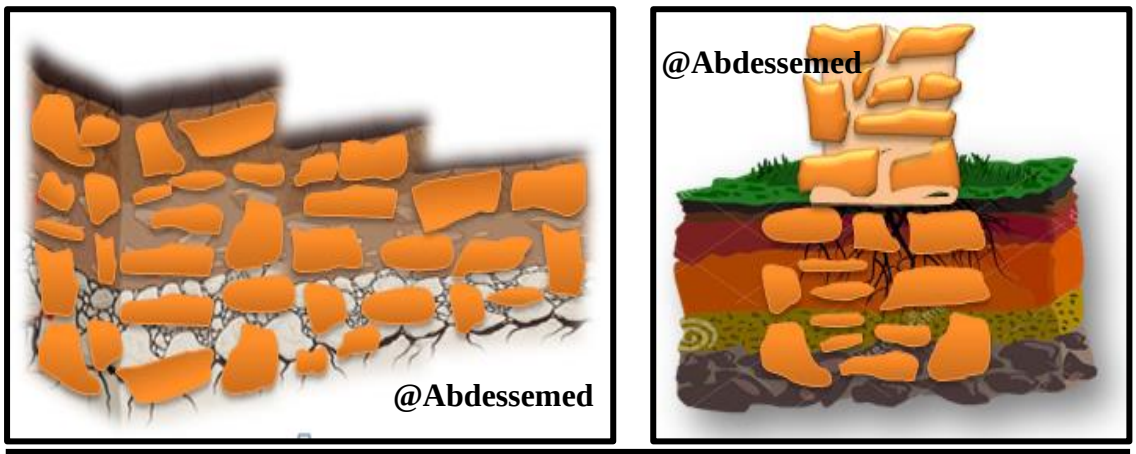
وبنيت أساسات القلعة على أرضية صخرية صلبة فكانت على شكل مزدوج بشكل درج ، وهي نوعان ،النوع الخارجي الموجود في الجدران الخارجية والتي تكون بدورها أكبر سمكا ومتانة من الأساسات الداخلية ، ونوع داخلي .

[1] - Andrzej Macur ; op cit , pp 11-14.

[2] - عبد الصمد رقية ، المرجع السابق ، ص 65 ، 66 .

بعد الحفر تفرش طبقة من الدبش المسطح بطريقة تسمح بتسرب الماء ، ويستعمل لتماسك الدبش طبقة من الملاط المشبعة بنسبة عالية من الجير وخالية من الطين ، يقام كل هذا بواسطة قالب خشبي لا ينزع إلا بعدما يجف الملاط .[1]

و تم إنشاء أساسات قصر البايات مثلا على أرضية صخرية من الميكاشيست ، ويتراوح عمق الأساسات ما بين 0.25 م و1.1 م وهي ثابتة ومستقرة وليست بحاجة إلى تقوية [2] ، والشكل رقم (34) يوضح تقنية بناء الأساس على أرضية بسيطة أو منحدرة .



شكل رقم (34) طريقة بناء الأساسات البسيطة و على أرضية منحدرة

2.2.3 – تقنية بناء الجدران

تم استخدام العديد من التقنيات في بناء الجدران بحسب الحاجة والوظيفة فنجد الحجارة والأجر ، وأهمها ما يلي :

1.2.2.3 - التقنية المنتظمة

هي البناء بالحجارة الكبيرة ، وهي تقنية معروفة منذ القدم وهي ليست مستعملة بكثرة في بناء القلعة ، حيث تم استخدامها في أساسات الطابق الأرضي من قصر البايات والمسجد الجديد. شكل رقم (35) يمثل التقنية المنتظمة .

2.2.2.3 – تقنية آدية والشناوي

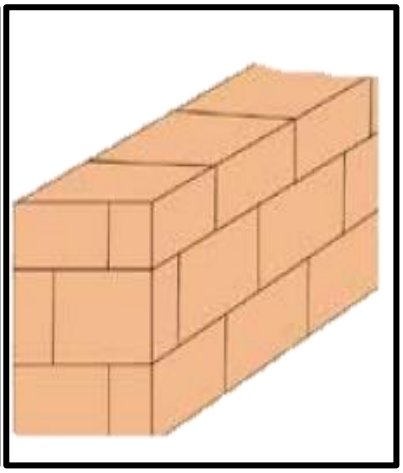
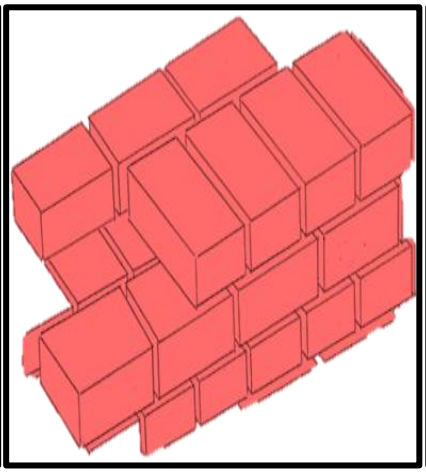
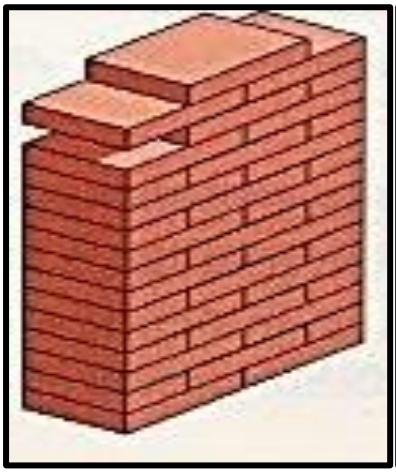
هي طريقة ينظم فيها مواد البناء الآجر والحجارة في مداميك بطريقة عمودية وعرضية بالتناوب [3]، وهذا ما يعطي للجدار قوة التحمل بعد التماسك .

[1] - Planat P- Encyclopédie de l'architecture et de la construction - Vol VI , Fasciculle 2 , Paris , SD , p 392.
[2]- Andrzej Macur , op cit , p 11 .
[3] -Marçais , G , Op cit , p 148 .

تم استعمال هذه التقنية بشكل كبير في القلعة حيث وجدت في بناء الدعامات والقوائم ، وفي منابت العقود وبداية استدارتها وفي المداخل والنوافذ والقباب المتقاطعة .والشكل رقم (36) يبن تقنية آدية والشناوي .

3.2.2.3 –تقنية البناء بصفوف من الآجر

نقوم بتنفيذ هذه التقنية بمادتي الآجر والملاط حيث تنتظم قطع الآجر أفقيا على شكل مداميك أو صفوف ، توضع بانتظام بحيث يظهر فيها الملاط اللاحم عبارة عن طبقة عمودية بين الصفوف وهذا راجع إلى مقاسات الآجر المتساوية [1] ، وقد استعملت بكثرة في مختلف منشآت القلعة .شكل رقم (37) تقنية البناء بصفوف من الآجر

		
شكل رقم (35) التقنية المنتظمة https://artisticamente.forumfree.it/?f=105	**شكل رقم (36) تقنية البناء بآدية والشناوي https://artisticamente.forumfree.it/?f=10557**	**شكل رقم (37) تقنية البناء بصفوف من الآجر https://artisticamente.forumfree.it/?f=10**

[1]- عبد العزيز لعرج - المباني المرينية في إمارة تلمسان الزيانية - أطروحة دكتوراه ، ج 2 ، معهد الآثار ، جامعة الجزائر ، 2000 ، ص 664 .

4.2.2.3– تقنية البناء بالسنبلة

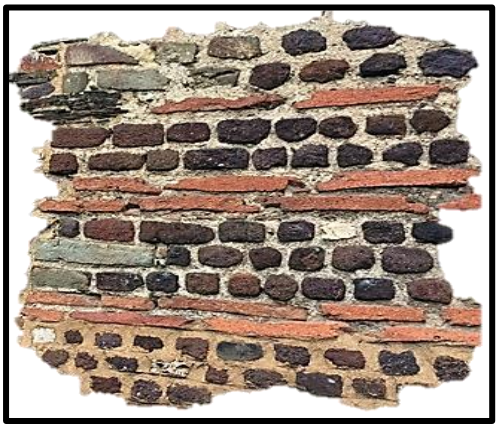
شكل رقم (38) تقنية البناء بالسنبلة
بتصرف الباحثة

تعتمد هذه الطريقة من البناء أساسا على الآجر ، حيث نقوم بوضع الآجر بشكل حبات القمح في السنبلة ، وينظم الآجر في وضعية مائلة في اتجاهات متغايرة من اليمين إلى اليسار بمعدل صفين أو أكثر بحيث تشكل زاوية منفرجة ما بين 45° و 50° ، وقد تمتد على كامل عرض السور [1]، وما يمكن الإشارة إليه هو أن هذه التقنية لم تستعمل بكثرة في القلعة وتكاد تكون منعدمة حيث نجدها في الأجزاء المشرفة على الصحن في قصر الداي. شكل رقم (38) يمثل تقنية البناء بالسنبلة .

أما بالنسبة لمجالات استعمالها فتبرز بصفة خاصة في الأماكن المراد غلقها كالثقب الناتجة عن الانهيار وفتحات الأبواب والنوافذ ،ومن مزاياها أنها تشكل قناة تتسرب منها مياه الأمطار المتسللة عبر أجزاء الجدار .[2]

5.2.2.3 – تقنية البناء بالتناوب

يستعمل فيها مادتين أو أكثر ، و تقوم على تكرار صفوف من الحجارة غير المصقولة والآجر بالتناوب ، وتكون فيها مجموعة من الصفوف الآجورية بمعدل صفين أو ثلاثة وتوضع بانتظام وبطريقة أفقية ، كل هذا يربط بمادة لاحمة تسمى الملاط ، كما يمكن أن تكون هذه التقنية من الحجارة المصقولة والدبش سواء بشكل سافات متناوبة أو الحجارة المصقولة في الأركان ، شكل رقم (39) يوضح تقنية البناء بالتناوب.



شكل رقم(39) تقنية البناء بالتناوب
http://volodia.eklablog.com/promenades بتصرف الباحثة

وتستعمل هذه الطريقة من البناء لأسباب معمارية

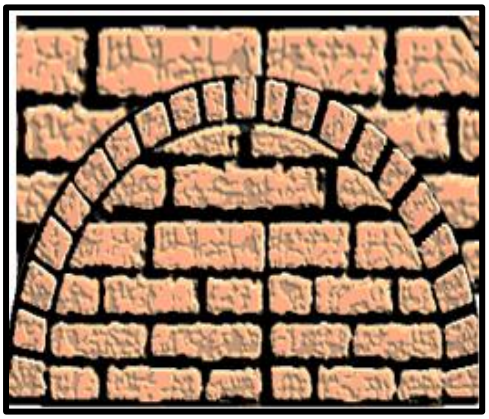
[1] - علي حملاوي - نماذج من قصور منطقة الأغواط ، دراسة تاريخية أثرية - وزارة الثقافة والاتصال ، 2006 ، ص 301 .
[2] - نفسه ، ص 301 .

مما يزيد في متانة المبنى وصلابته وتثبيت قواعد المبنى .

يتطلب لهذه الطريقة من البناء وازدواجها بين مواد البناء ، حسابات في تناسب ارتفاع عدد الصفوف لمختلف المواد [1] ، كما تتطلب نوعيات معينة لها تسمح بالربط الجيد بين أجزاء الحائط ، تعتبر هذه الطريقة قديمة قدم البنايات فقد ظهرت عند الرومان وسميت تقنية ذات الصفوف المتناوبة [2] . وتم استعمالها في القلعة في قصر الداي في الجدران الداخلية والخارجية وفي معظم جدران الغرف ، وفي قصر الباي ، وفي المخابئ والثكنات .

6.2.2.3- تقنية البناء المزدوج

وهي عبارة عن طريقتين مختلفتين في وضع المداميك حيث أن المدماك الأول يكون عمودي والثاني يكون تقريبا عموديا بوضع عقد في الجدار الواحد ثم تواصل البناء الأفقي ، وتظهر هذه التقنية في أسفل الجدار حيث تصل إلى ارتفاع معين ثم يبنى فوقه عقد ، وبعد الانتهاء من العقد يواصل في بناء الجدار ، تعطي هذه الطريقة للبناء المتانة والصلابة إذا تلاحمت فيما بينهما ، وبعدها تصبح بداية أو قاعدة لقبة أو قبو [3] ، واستعملت في قصر الداي في العديد من الجدران المطلة على الصحن في الطابق الأرضي والأول ، وفي بعض الغرف في الطابق الأول وجدران الدرج المؤدي إلى الطابق الأول ، ومن المحتمل جدا أن استعمال هذه التقنية في قصر الداي جاءت مع الزيادات التي أحدثت على القصر في المراحل المتعاقبة حيث أنها تعتبر وسيلة تدعيم للمبنى ، لذا فإن كل بناء تقوم فيه بزيادات لابد من تدعيمه قبل البدء .شكل رقم (40) تمثل تقنية البناء المزدوج .



شكل رقم (40) تقنية البناء المزدوج عن الباحثة

[1] - عبد العزيز لعرج ، المرجع السابق ، ص 664 .

[2] -Revault J - L'habitation tunisoise , pierre marbre et fer dans la construction et le décor - Ed CNRS , Paris , 1978, p 28

[3] - Adam JP , Op cit , p 185 .

3.2.3– تقنية بناء العناصر المعمارية

1.3.2.3 - تقنية بناء العقود

استعملت عقودا متنوعة في عمارة القلعة منها المتجاوز والنصف دائري ، وعقد مقبض القفة

أولا - العقد المنكسر المتجاوز

يسمى العقد المنكسر المتجاوز لأن مركزه يرتفع عن قاعدة العقد ، ونصف العقد يفوق نصف قطر الدائرة ولأن القوس يمتد إلى أسفل خط المركز [1].

و استعمل في بناء هذا العقد مادة الآجر وهذا حسب تقنية خاصة اتبعت فيها الخطوات التالية: يبدأ البناء بترتيب قطع الآجر أفقيا وهذا على الدعامتين اللتين تحملان العقد حتى منتصف ارتفاع العقد أو تقريبا عند نقطة تجاوزه ، يصنع بعد ذلك قطعة من الخشب فوق صفي الآجر ثم يثبت بكلا طرفيها عارضة بحيث تتصل هاتين العارضتين عند مفتاح العقد لتشكل فيما بينهما مثلثا ، يوضع فوق القطعتين الخشبيتين الجانبيتين خليط من الآجر مع الملاط وهو يساعد في رسم حنية العقد، ثم يوضع الآجر بعدها بطريقة مشعة متبعا لحنية العقد ، تنتهي هذه العملية بنزع القطع الخشبية وهذا بعد أن يتماسك العقد كله ، ثم تملس أجزاء العقد الداخلية بواسطة الجص [2]،ويقتصر وجود هذا النوع من العقود على الأروقة المحيطة بالصحن وكذا الأروقة المطلة عليه في كل من قصر الباي والداي ، إضافة إلى بعض الغرف في الطابق الأول والثاني . والشكل رقم (41) يمثل صورة للعقود المنكسرة المتجاوزة .

شكل رقم (41) صورة للعقود المنكسرة المتجاوزة في الواجهة الشرقية من قصر الداي عن الباحثة

[1] - عاصم محمد رزق ، المرجع السابق ، ص 202 .

[2] - Ricard P - Pour comprendre l'art musulman en Afrique du Nord et en Espagne - Hachette , 1924 , p 101 .

ثانيا – العقد النصف دائري المتجاوز

تصنع دائرة ثم يأخذ نصفها فيحصل على القوس النصف دائري أو ما يسمى العقد التام ، يصنع هذا العقد بتثبيت أوتاد من قاعدة واحدة ، بعدها تتفرع الأوتاد كل وتد لوحده ثم يوضع وتد خشبي لين يقبل الالتواء على جميع الأوتاد [1] ، مشكلا بذلك هيكل العقد حيث يثبت الهياكل في أعلى فتحة العقد بواسطة وسائل الدعم وفي غالب الأحيان تكون خشبية ، ثم يبدأ المعماري وبواسطة مادة لينة إعطاء شكل لهذا العقد ، إذ لا يمكن بناء العقد بالآجر على بطنها دون القالب الخشبي[2] .

ويوجد هذا النوع من العقود في القلعة في المداخل الرئيسية في قصر الداي والبايات ومسجد الداي ، وكذلك في مداخل الأبواب الخاصة بالسقيفة والسلالم والصحن ، إضافة إلى المداخل التي وزعت عبر الطوابق أو المرافق الخاصة ، إلى جانب استخدام عقد حدوة الفرس للتسقيف في الدرج الصاعد إلى الطابق الأول ، ولقد تنوعت المادة التي صنع منها إطار هذا العقد من حجر كلسي والرخام . والشكل رقم (42) صورة للعقد النصف دائري المتجاوز .

شكل رقم (42) صورة للعقد النصف دائري المتجاوزة في مدخل حمام الأغا بعد عملية الترميم عن الباحثة

[1]- Adam J.P ; Op cit , p 191 .

[2] - فريد الشافعي - العمارة العربية في مصر الإسلامية - الهيئة المصرية العامة ، مصر 1980 ، ص 205 .

ثالثا – عقد مقبض القفة أو المستعرض

تتم طريقة بنائه باستعمال القالب الخشبي الذي بفضله يتمكن من وضع مداميك الآجر في أعلى العقد بشكل عمودي وبشكل أفقي على الجوانب ، بعد هذه العملية يطلى العقد بشكل متواصل بالجير ، حتى يصبح سمكه ما بين 1.5 سم و2سم مما يسمح برسم أسنان كأسنان المنشار نجدها ثنائية العدد كما يمكن أن نجدها ثلاثية أو رباعية [1]، وقد وجد في أماكن محدودة كالسقائف والخزائن الجدارية والنوافذ من الداخل . شكل رقم (43)عقد مقبض القفة .

شكل رقم (43) صورة لعقد مقبض القفة لنافذة بقصر الداي عن الباحثة

2.3.2.3- تقنية بناء الأسقف

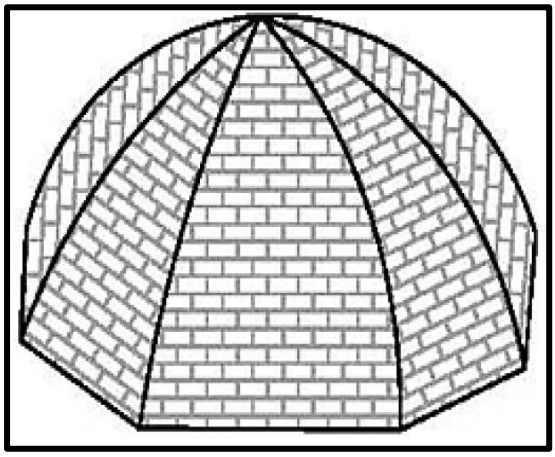
ينقسم تسقيف القلعة إلى ثلاثة أنواع الأول القباب والثاني الأقبية بنوعيها المتقاطع والمهدي والثالث وهو الأكثر استعمالا وهو التسقيف المسطح والذي يعتمد على مادة الخشب .

أولا ـ التسقيف بالقبة

استعملت القبة في تسقيف منشآت القلعة ، وكانت جميع القباب بشكل مثمن واستعملت في مسجد الداي ومصنع البارود وحمام الانكشاريين وحمام الداي .والشكل رقم (44) أ،ب صورة للقباب المستعملة ورسم تخطيطي لها .

[1] - Marçais G , op cit , p 452.

شكل رقم (44) أ صورة لقباب مسجد الداي. عن الباحثة



شكل رقم (44)ب رسم تخطيطي لقبة مثمنة عن جدى صليحة ، مساكن قلعة الجزائر .

ثانيا – التسقيف بالأقبية المتقاطعة

وهو عبارة عن تقاطع قبوين متعامدين ينطلقان من ركنين متقابلين ليتقاطعا في المركز[1].

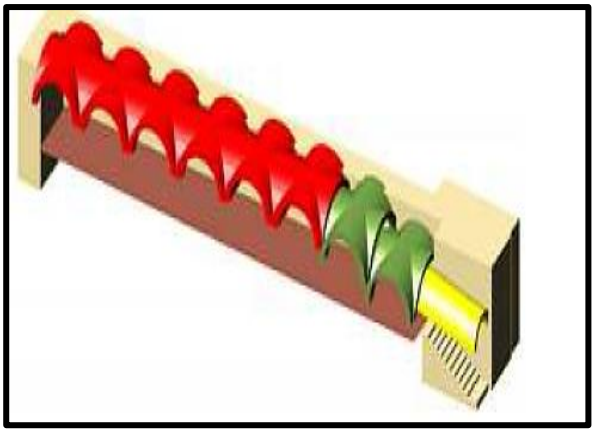
واستعمل في المستوى الأرضي وبعض الغرف والمطبخ في الطابق الأول ، وفي غالب الأحيان يكون مستندا على الجدران ، عكس القبة التي تستند على الأعمدة ، ويعتبر استعماله في الطابق الأرضي عامل مقاومة .

يصنع هذا النوع من الأقبية عادة بالقوالب الخشبية ، أولا يبدأ في بناء المداميك بوضع قوالب الآجر على الجدار التي يستند عليه القبو[2] ، وتوضع المداميك متعامدة مع سطح الآجر على واجهة الجدار ويتجه نحو مركز القبو[3] . شكل رقم (45) أ،ب التسقيف بالأقبية المتقاطعة ومجسم لها .

[1] - فريد الشافعي ، المرجع السابق ، ص 160 .

[2] -Terrasse - L'art Hispano – mauresques des origines au XIII ème siècle - Vandest , Paris , 1932 , p 165 .

[3] -Ibide , p 165 .



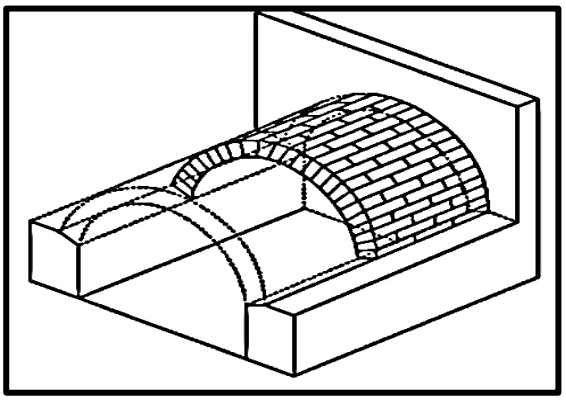
شكل رقم (45)أ مجسم لتسقيف بالأقبية المتقاطعة
عن جدي صليحة ، مساكن قلعة الجزائر .

شكل رقم (45) ب صورة لتسقيف بالأقبية المتقاطعة بمسجد الجيش
عن الباحثة

ـ التسقيف بالأقبية الأسطوانية

هو عبارة عن عقد نصف دائري متواصل إلى آخر الجدار بالتوازي ، تصنع هذه القباب بتحضير قالبا خشبيا وتقطيعه على أشكال دائرية أو بيضاوية أو أن يتم من غير قالب ، تنجز جدران مائلة تشد فوقها مداميك أفقية تأخذ في الانحناء التدريجي لتشكل الجزء السفلي للقبو لتكون بذلك القاعدة له [1].

ونجد هذا النوع من التسقيف في مخازن المال والسجن الموجودان في الطابق الأرضي من قصر الداي وفي مخابئ الجيش والبطاريات . شكل رقم (46) أ ، ب التسقيف بالقبو الأسطواني مع رسم تخطيطي .



شكل رقم (46)أ رسم تخطيطي لتسقيف بالقبو الأسطواني
عن جدي صليحة

شكل رقم (46) ب صورة لتسقيف بالقبو الأسطواني بمخابئ الجيش
عن الباحثة

[1] - فريد الشافعي ، المرجع السابق ، ص 164.

ثالثا – التسقيف المسطح

استعمل بكثرة في مباني القلعة ، ويعتبر الخشب المكون الأساسي فيها ، وقد توزعت هذه الطريقة في جميع غرف القصور والأروقة والمخازن ومعظم السلالم المؤدية إلى الطوابق . ويتشكل أساسا من الروافد الخشبية المضلعة أو المستديرة الشكل ثبتت بطريقة عرضية ومنظمة واحدة تلوى الأخرى مع وضع ألواح منشورة لحمل المادة العازلة المكونة من الملاط وقطع الأجر والحجارة الصغيرة [1] ، وأما عن الخشب المستعمل في هذا النوع من التسقيف فكان من شجر العرعار وهذا راجع لمقاومته وصموده للانكسار زيادة على توفره ، إضافة إلى استعمال خشب الصنوبر، يتم عادة طلاء الأسقف المكونة من الجذوع بطلاء جيري، في حين الأسقف التي تكون من الأخشاب المضلعة يتم صباغتها [2] . شكل رقم (47) صور للتسقيف المسطح .

شكل رقم (47) صور للتسقيف المسطح في السلالم و أروقة قصر الداي . عن الباحثة

3.3.2.3- تقنية بناء السلالم والدرابزين

أولا – السلالم

استخدمت السلالم في القلعة وكانت ذات دورتين أو ثلاث دورات ، و وجدت بجوانب مختلفة لتشكل بذلك وحدة معمارية مستقلة بذاتها ، لقد سقفت جميع السلالم المؤدية إلى الطابق الأول والثاني والسطح بتسقيف خشبي متدرج وهذا في كل من قصر الداي وقصر البايات .

[1] - محمد الطيب عقاب- قصور مدينة الجزائر في أواخر العهد العثماني - دار الحكمة ، الجزائر ، 2000 ، ص 188 – 189 .
[2] - Andrzej Macur , op cit , p 13 .

شكل رقم (48) صورة لدرج بقصر الداي
عن الباحثة

تشيد السلالم بوضع بلاطة بين القاعدة والبسطة الأولى مائلة بزاوية معينة لا تفوق 45° ثم يشرع في وضع الدرجة بمادة المونة على الميل ، ولتمتين هذا الدرج توضع أخشاب صلبة ثم طبقة من الآجر ثم طبقة أخرى من المونة ، وتنتهي هذه العملية بتزيين السلم بالمربعات الخزفية[1] ، ولكن في قصر الداي فكانت كلها بمادة الأردواز . وقد استعمل نوعان من السلالم : السلالم المنكسرة المتعددة الدورات والمستقيمة الصغيرة . شكل رقم (48) صورة للسلالم .

ثانيا ـ الدرابزين

وهي الشرفة الداخلية للطوابق العليا للقصر ، وتعرف محليا باسم الدربوز وهو عبارة عن حاجز أو سور مكون من قوائم رأسية وقضبان من الخشب أو الحجارة ، ويركب الدرابزين للسلالم والأسطح وتسمى قوائم الدرابزين الرأسية باسم ـ برامق ـ أما الفتحات التي بين قوائمه فتعرف باسم التفاريج ، وعلى هذا فالدرابزين الخشبي عبارة عن مدَادتين أفقيتين علوية وأخرى سفلية ويثبتان في قوائم تثبت أطرافها في بسطات السلم وتصله من أعلى بالحوائط [2] ، نجدها في قصر الداي مزدانة بأعمدة صغيرة وعقود . شكل رقم (49) صورة للدرابزين .

[1] - Gollotti J - Le jardin et la maison arabes ou Maroc - Ed Albert levy , Librairie centrale des beaux arts , Paris , SD , p 30 -31 .

[2] - سامي محمد نوار- الكامل في مصطلحات العمارة الاسلامية من بطون المعجم اللغوية - دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الإسكندرية ، 1986، ص 65 – 66 .

شكل رقم (49) صورة لدرابزين في قصر الداي
عن الباحثة

ثالثا – تقنية بناء الشمسيات والأطناف

- الشمسيات عبارة عن ألواح من الحجر أو الرخام أو الجص مثل التي وجدت في قصر الداي في سقيفة السطح قوامها زخارف وفراغات وأشكال هندسية أو نباتية ، وهي تظهر مستطيلة الشكل ومعقودة بعقد نصف دائري ، توجد ثلاث منها فوق أبواب الغرف لكنها مفرغة ربما بعد البدء في الترميم نزعت ولم يبق منها شيء إلا واحدة منهم في سقيفة السطح. شكل رقم (50) صورة لاستعمال الشمسيات .

- توضع الأطناف للفصل بين جزأين لتحديد مستويات البناء وغالبا ما نجده عند التقاء السقف مع الجدار في الغرفة وعند التقاء التاج مع العقد ، وجدت الأطناف في فضاء الصحن في الطابقين السفلي والعلوي كما زين المبنى من الخارج ، وقد شكلت من مواد مختلفة منها القرميد والآجر والمربعات الخزفية والرخام ، ويتجلى دورها في عدم ادخال مياه الأمطار إلى الجدران . شكل رقم (51) صورة لاستعمال الطنف في القلعة .

شكل رقم (50) صورة لشمسيات فوق الباب بقصر الداي. عن الباحثة

شكل رقم (51) صورة لاستعمال الطنف في قصر الداي . عن الباحثة

4.2.3 - تقنيات الحماية من الزلازل

نظرا للزلازل المختلفة التي ضربت الجزائر في كل من 1716م و 1851م ، فقد بنيت قلعة الجزائر العاصمة باستعمال تقنيات لمقاومة الزلازل، والأسلوب الأول يتمثل في إدخال أجزاء من الخشب في الهياكل وهذا من أجل الحصول على أفضل توزيع للأحمال على طول الجدران، وتحقيق التوازن بين الهياكل وتسلسل جدران المباني لتكون الهياكل متماسكة.

و يتمثل الأسلوب الثاني في استخدام الآجر غير المحروق كليا في عملية البناء، وهذا الأسلوب أثبت فعاليته على مدى عدة قرون. شكل رقم (52) صور عن استخدام الخشب كتقنية مضادة للزلازل .

شكل رقم (52) صور عن استخدام الخشب لامتصاص الهزات عن الباحثة

4- مختلف التدخلات السابقة لترميم القلعة

تعرضت القلعة لتدخلات كان الهدف منها إعادة تأهيلها والحفاظ عليها ، و من أهمها :

1.4- التدخلات الفرنسية

- شهدت قلعة الجزائر العديد من التغييرات في الحقبة الاستعمارية، ليس بتعزيز المباني فقط، وإنما بتحويل المباني إلى مواقع جديدة كفتح العديد من النوافذ والأبواب ، وضع بلاط وآجر جديد...الخ .

- إزالة البطارية السادسة في 1840 والتي كانت تقع شمال جناح الحريم وبالقصر الغربي من قصر الداي ، كما تم تحويل عدة أقسام من القلعة إلى مستشفى عسكري .[1]

- أيضا من بين أهم التغيرات خلال تلك الفترة، شق شارع طالب محمد الذي يقسم القلعة الى جزأين كان هذا في عام 1844 م ، وقد نتج عن شق هذا الطريق إزالة الواجهة الشرقية من مسجد الجيش وكذلك جزء من حديقة النعام .

- كما تم هدم البطارية الرابعة التي كانت تقع في القسم الجنوبي من القلعة بين البطارية الخامسة والثانية ومصنع البارود ، وتم إزالة قنطرة المياه أثناء شق الطريق [2] .

- كما تعرض الطابق الثالث من الجناح الشمالي من قصر الداي إلى عدة تغيرات حيث حولت غرف حرم الداي إلى مستشفى عسكري ، ثم إلى ثكنة عسكرية بالإضافة إلى وضع سلالم خارجية تربط الطابق الثاني بالثالث على مستوى الجهة اليمنى للجناح ، زيادة على تحويل الأبواب وتوسيعها ، وفتح النوافذ [3] .

- إضافة طابق رابع في الجهة الشمالية الغربية و بائكة في الطابق الأرضي في نفس الجهة لتدعيم الأساسات .

- في عام 1930 تم تعزيز مصنع البارود من الداخل بواسطة ستة أعمدة، ومن بين التعديلات المحدثة ، فتح نافذة كبيرة لجعل المكان متحفا سمي بالمتحف الاستعماري للجيش الفرنسي .[4]

---

[1] - خلاصي علي ، المرجع السابق ، ص 83 – 84 .

[2] -نفسه ، ص 90 .

[3]- Golvin L - Palais et demeures d'Alger à La période ottomane - nov , 1988 , p 26.

[4] - الوكالة الوطنية للآثار وحماية المعالم التاريخية ، المرجع السابق ، ص 3 .

- استخدام الدعامات المعدنية في أسقف قصر البايات ، بحيث تم استخدام دعامات معدنية مخفية في الداخل ، ثم استخدام تسقيف عادي تحت الدعامات المعدنية ، التي تعرضت للتأكسد بفعل الرطوبة ، كما أدت إلى زيادة الوزن والأحمال على المبنى والإخلال بهياكل الدعم ، زيادة على خلق بعض المشاكل من حيث التشوه والمتانة في مناطق التلامس بين المعدن والخشب .

2.4- التدخلات بعد الاستقلال (1962 – 1979)

بعد الاستقلال احتلت عائلات وافدة من الأرياف منشآت القلعة لما يقارب من 12 سنة ، وخلال هذه الفترة شهدت القلعة تغيرات أحدثت على المساكن ، سواء في قصر الداي أو البايات أو في الحي الانكشاري مما جعل القراءة الأثرية أقل وضوحا ، تم اخلاء القلعة في 1974 ، وفي عام 1978 تم تنصيب مكتب الصيانة والترميم للقلعة ، ثم عقدت اتفاقية مع مكتب الدراسات البولونية من أجل ترميم هذا الصرح وكان ذلك في 1979[1] ،كما كان من أطرافها أيضا مديرية المتاحف والأثار والمعالم التاريخية و شركة ايكوتاك التي كلفت بأعمال التهيئة ،إضافة إلى اللجوء لمساعدة خبراء من اليونيسكو ، تم في هذه الفترة إزالة وتنظيف جميع العناصر التي أضيفت من قبل السكان ، كما جرى تجريد جدران قصر الداي من طرف إدارة الأثار التاريخية ، وهذا ما سمح بقراءة تاريخية للمبنى .

3.4- تدخلات 1980 – 1990

- تم عقد اتفاقية عمل بين الجزائر والورشة البولندية بهدف ترميم قلعة الجزائر ، كانت المرة الأولى التي يتم فيها إجراء أبحاث من هذا النوع على هذا الموقع، من أجل التعريف و إعطاء القيمة الحقيقية لهذا المجمع التاريخي. وقد تم الانتهاء من دراسة هذا المشروع، في وقت تم تأجيل عمليات التدخل من أجل الترميم .

- 1980 إلى 1985 تولت ورشة الترميم البولندية PKZمهمة ترميم القلعة بالتعاون مع ورشة العمل الجزائرية وشركة ايكوتاك ، وانطلاق الدراسة التاريخية والمعمارية والتقنية

[1]- الوكالة الوطنية للأثار وحماية المعالم التاريخية ، المرجع السابق ، ص 3 – 4 .

للقلعة ، ودراسة لحالة حفظ القلعة ومواد البناء المختلفة مع القيام بأسبار أثرية لأساسات المباني ، وتم توثيق هذه الدراسة واقتراح طريقة ترميم [1] .

- كما تقرر في هذه الفترة القيام بأعمال الحماية المؤقتة بسبب تدهور مباني القلعة ، والتي لم تنطلق إلا بين جانفي وسبتمبر من عام 1984 ، وتم التنفيذ ممن قبل شركة إيكوتاك وتمثلت في وضع المساند الخشبية وعزل شكلي للمواقع التي كانت بها تسربات للمياه ، وبعد سنة 1986 تم الحصول على تقارير الدراسة المعدة من قبل PKZ ، مع الاتفاق أن يتم الشروع في أعمال الترميم التي لم تنطلق بسبب الافتقار للشركات المؤهلة للقيام بهذه الأعمال ونقص الخبرة [2].

1.3.4 – أساسات المباني

من أجل التعرف على أساسات مباني القلعة تم إجراء أسبار لتأكيد الفرضية المستندة على اختبار الأرضية ، والتي تنص على أن المناطق التي بنيت فيها الأسوار وجدران المباني تتكون عموما من طبقات غير عميقة من الحجارة المتفككة تقريبا في الأجزاء العليا ، وتم اختيار مناطق الأسبار بعناية تبعا لأضرار والشقوق الظاهرة في المباني [3] ، ومن بين الأماكن المختارة ما يلي :

- بالنسبة للحفر الاختبارية في قصر البايات كانت بسبب الحالة المتدهورة جدا للجدران الخارجية ، وأيضا بسبب الطبقات المضادة والمائلة والصخور الأكثر هشاشة (الشيست السريسيتي) ، وبالقرب من الحفر الاختبارية رقم 1 حتى رقم 5 هناك هبوط واضح في الأرضية الصخرية باتجاه شارع رابح حساني ، كما هناك الكثير من أشجار أوكاليبتوس الضخمة والتي ليس لها تأثير مباشر بفعل جذورها على الأجزاء السفلية من الجدران ، ولكن لها تأثير سلبي في انفصال الطبقات الصخرية العليا ، وتعتبر بذلك عامل مسرع لتفككها .

- الحفر الاختبارية رقم 3 و 4 أظهرت أن المستوى القديم للأرضية المرتبط مباشرة بالجدار كان أقل انخفاضا .

---

[1] - Bouineau Alain , op cit , p 9 .

[2] - Bensaadi Toubal Djamila - Recommandations pour l'élaboration d'un processor normatif de sécurisation d'un projet de restauration , cas d'étude la Citadelle d'Alger - mémoire de magistère de patrimoine architectural et urbain , EPAU , 2013 , pp 102-104.

[3] - Pulikowski Adam , op cit , p p 7- 8 .

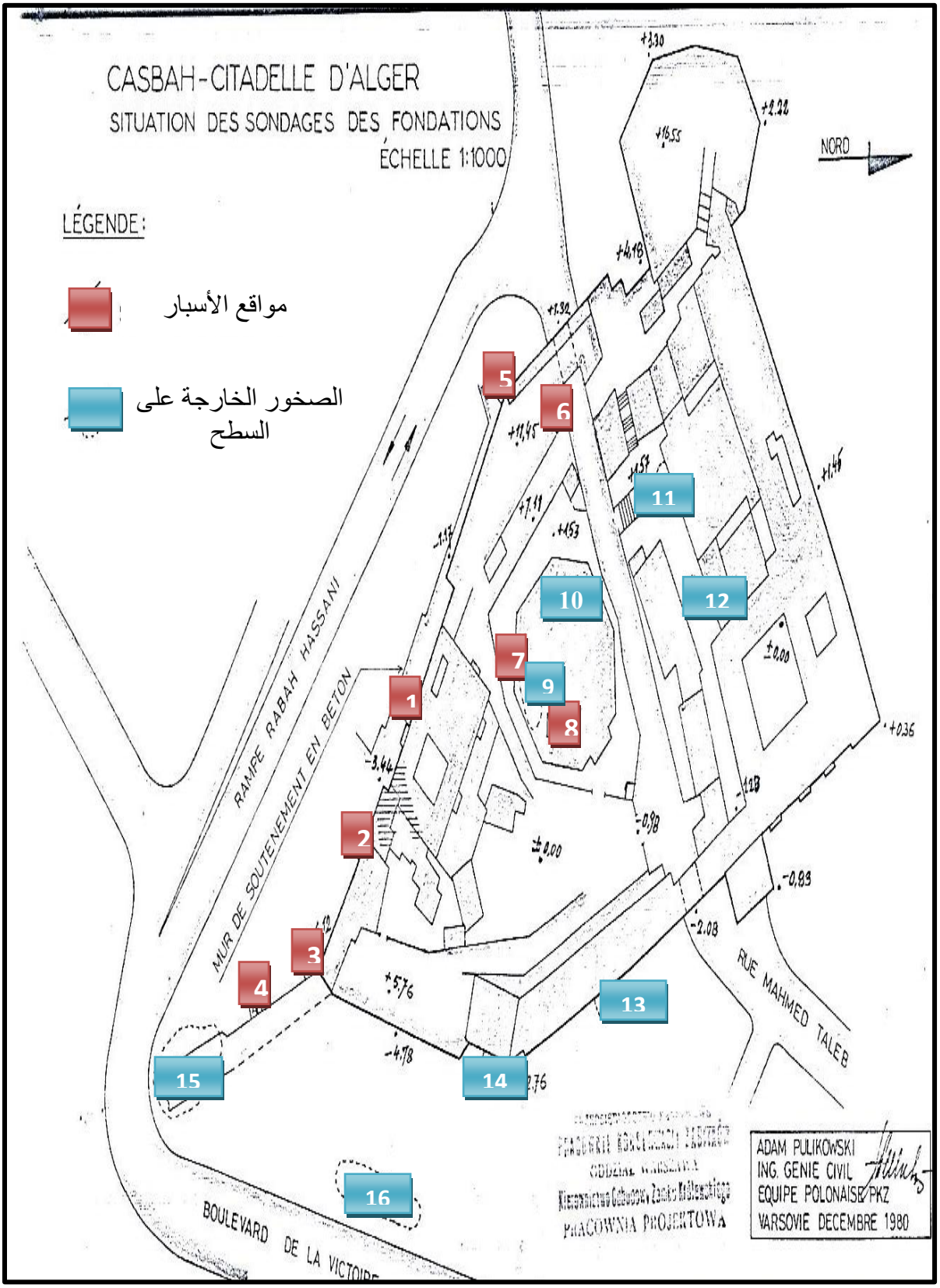
- الجدار الإسمنتي الساند الواقع بالموازاة مع الجدار الخارجي لقصر البايات تم بناؤه في الفترة الاستعمارية لحماية الطبقات الصخرية من التفكك والانهيار ، احتوى الجدار الداعم على بعض الشقوق العمودية الناتجة عن جذور الأشجار الايكاليبتوس [1].

- الحفر الاختبارية رقم 8 تعطي صورة واضحة عن الجدران القديمة للمباني الأولى والموجودة في مكان مخزن البارود الذي بني فيما بعد ، والتي كانت أفضل من حيث تقنية البناء وأنشأت مباشرة على الصخرة الأصلية ، وفيما يخص جدران مخزن البارود فقد بنيت فوق طبقة من الصخر المكسور المنقول بالأمطار ، كما تجدر الإشارة أنه هناك رواق بين الجدران الخارجية من مصنع البارود والمنطقة التي فوقه ، وهي منطقة مرتفعة تم ملؤها بالتربة مع كميات قليلة من العجينة الجيرية .

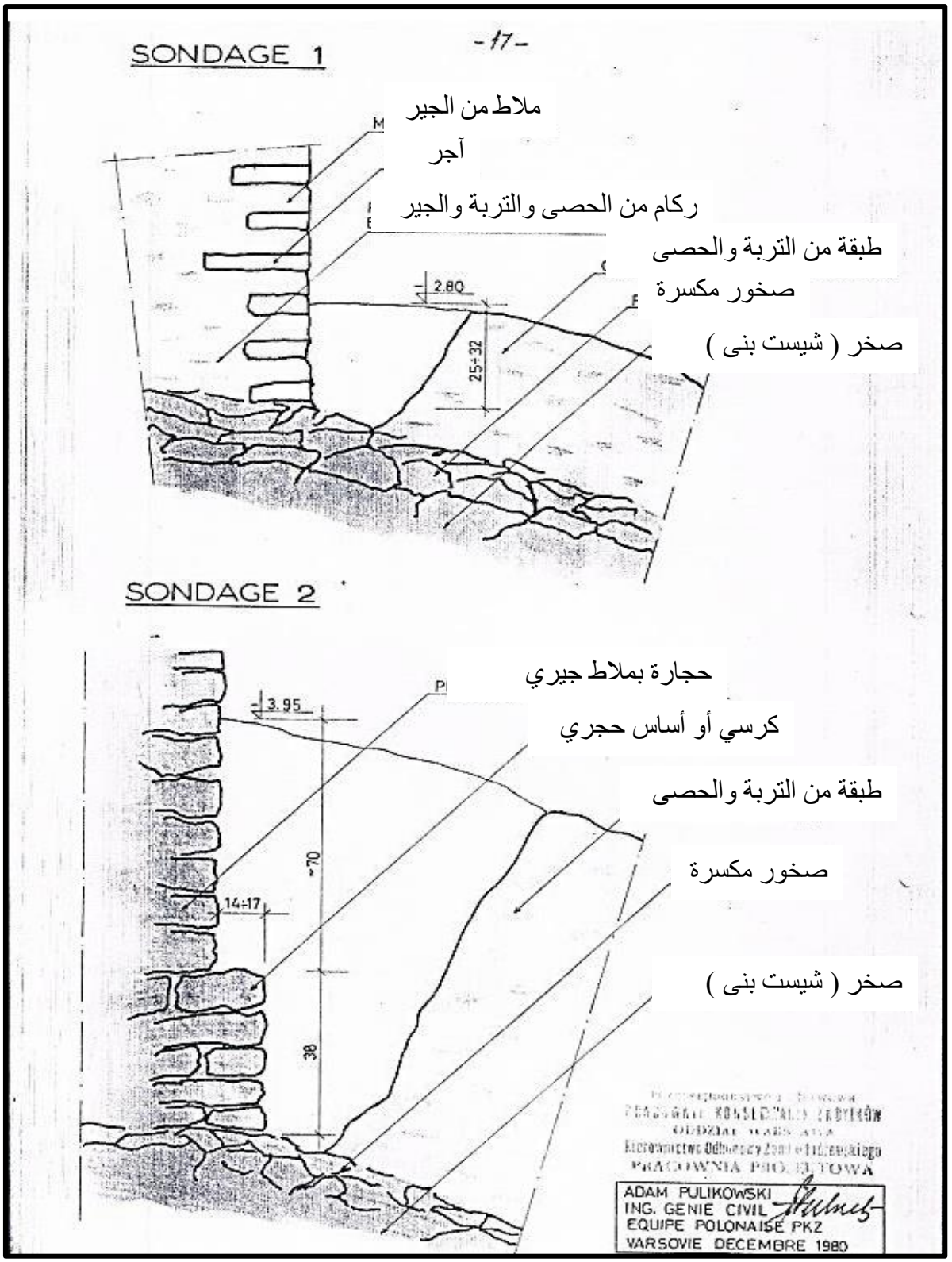
- الحفر الاختبارية رقم 7 تظهر الجدار العريض في القاعدة المشكل من مقعد أساسات ، التلبيس الظاهر في المقعد يشهد على مستوى منخفض مما هو عليه حاليا .

- الحفر الاختبارية رقم 6 تظهر السطح القديم للحصن رقم 3 والتي تقع في مستوى أدنى مما هي عليه في الوقت الراهن [2]. والشكل رقم (53) مخطط القلعة وأماكن الحفر، والأشكال رقم (54) ، (55) ،(56) و(57) هي رسوم تخطيطية لأساسات الجدران في مناطق الأسبار .

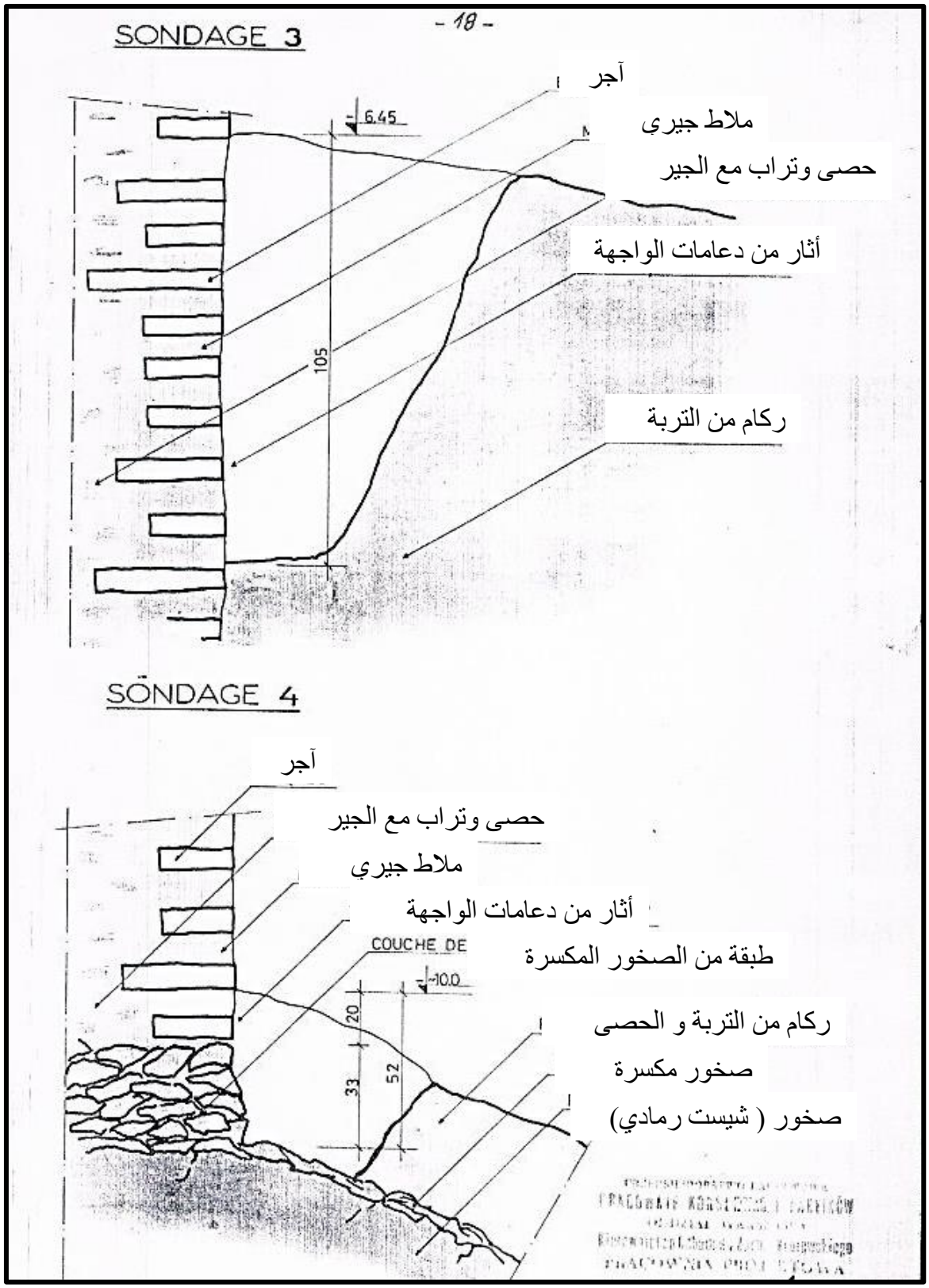
[1]- Pulikowski Adam , op cit , p 8 .
[2] - Ibid , p 9



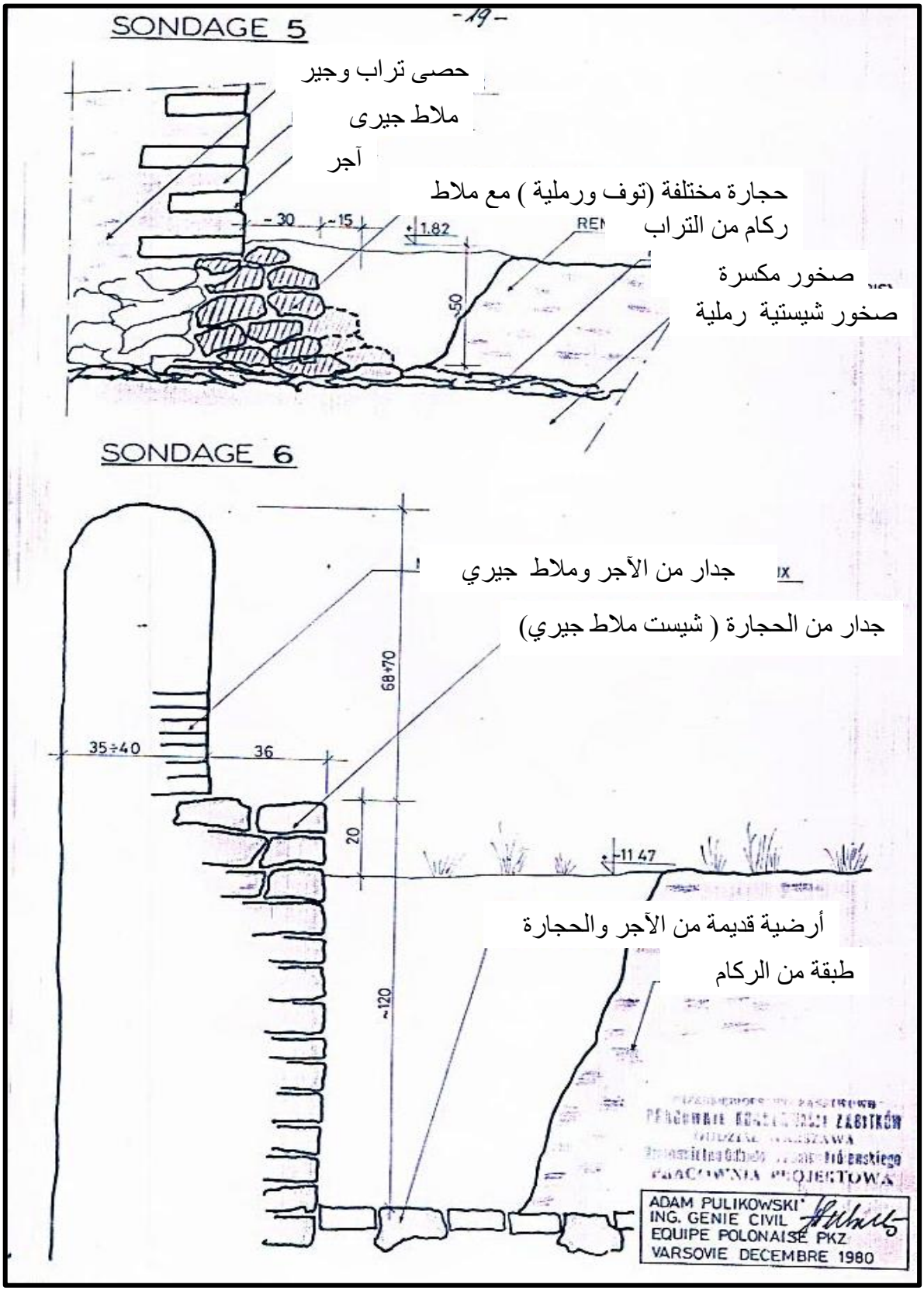
شكل رقم (53) مخطط لموقع الأسبار الاختبارية في قلعة الجزائر . عن PKZ بتصرف الباحثة



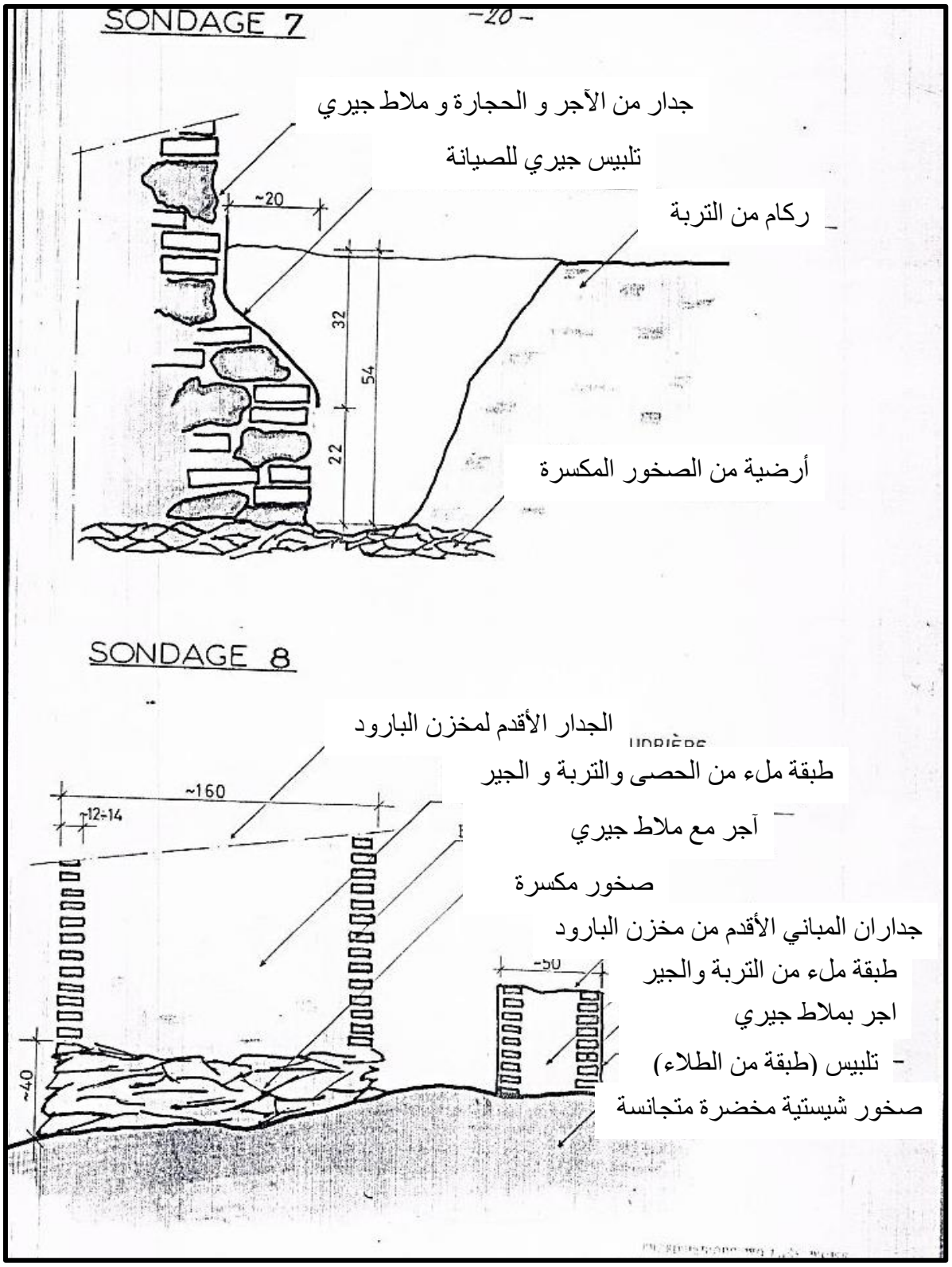
شكل رقم (54) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في قصر الباي عن PKZ بتصرف الباحثة



شكل رقم (55) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في السور الخارجي الشمالي الشرقي للقلعة . عن PKZ بتصرف الباحثة



شكل رقم (56) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في السور الخارجي و قنطرة المياه لقلعة الجزائر . عن PKZ بتصرف الباحثة



شكل رقم (57) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في مخزن البارود لقلعة الجزائر . عن PKZ بتصرف الباحثة

2.3.4 – توصيات الدراسة التقنية

أسفرت الدراسة التقنية على المقترحات التالية :

- تتشكل الأساسات من طبقة مباشرة من الأرضية الصخرية الثابتة والتي لا تحتاج إلى تقوية.

- بالنسبة لدراسات مشروع تأهيل القلعة ينبغي أن ترتكز على حماية الأرضية من الرطوبة والحت المائي الذي يعمل على تفكك الطبقات الصخرية السفلية ، وإزالة الأشجار بسبب تأثير الجذور على الطبقات الصخرية التحتية ، إضافة إلى تصريف وعزل الرطوبة الناتجة عن ركام التربة .[1]

- عزل الأسطح خاصة في الأروقة لضمان التصريف السريع لمياه الأمطار .

- لأجل حماية الطبقات الصخرية الأقل عمقا القريبة من البنايات ، تغطى بطبقة من التراب المنجزة بتلبيس صلب أو بحشيش مع انحدار بنسبة معينة ابتداء من الجدران .

- يمكن استعمال طريقة الحقن بضغط حوالي 5 إلى 8 جو(أتموسفار) من أجل تثبيت الأرضيات ، وينبغي أن تتم العملية تحت مراقبة دقيقة لتفادي أي خطأ .[2]

كما بينت الدراسات ضرورة إعادة تأهيل هذا الصرح التاريخي ، واقترحت كيفية استخدامه في المستقبل ، بحيث يمكن جعله مجمعا ثقافيا يتكون من : متحف قصر الداي ، متحف الجزائر القديمة ، متحف الكتاب القديم ، معرض أثري ، مكتبة متخصصة، غرفة للمعارض المؤقتة، غرفة للمعارض الدائمة، مركز التوثيق و مختبر التحليل والترميم وفندقا .

4.4- تدخلات 1990-2012

تميزت سنة 1992م بدخول الموقع في قائمة التراث العالمي مع مجمع القصبة ، فقد أصبح حقلا للدراسة بالنسبة للطلاب، علماء الآثار والباحثين والمهندسين المعماريين، محل أعمال الصيانة والترميم .[3]

- كانت تدخلات 1990 إلى 1992 بإدارة الوكالة الوطنية للآثار وحماية المواقع التاريخية والمعالم ، OFIRAC ، **PKZ** أما عن الشركة المكلفة بالتنفيذ فكانت EBA ، وتم تقسيم

[1] - Pulikowski Adam , op cit , p 12 .
[2] - Ibid , p p 13- 15 .
[3] -PKZ , op cit P5.

قلعة الجزائر إلى قطاعات تدخل ، حيث يقابل كل قطاع هيكلًا مستقلاً مكانيًا ، وتم البدأ في أعمال التدعيم ، إزالة بعض الأرضيات الخشبية التقليدية ، وتعرية معظم الهياكل وإزالة التلبيس عنها وهذا ما سيتسبب في دخول و تسرب مياه الأمطار إلى الجدران والتأثير على مختلف المباني بسبب غياب الحماية التي كان يوفرها التلبيس، وتم البدأ من قصر البايات الذي كان يعرف وضعية متدهورة جدا حيث تم استبدال الأعمدة الرخامية الموجودة في الطابق الأرضي بأعمدة من الاسمنت لحمل الثقل الزائد شكل رقم (58) .

شكل رقم (58) صورة للأعمدة الإسمنتية بقصر البايات . عن الباحثة

كما مست عملية التدعيم أيضا كل من قصر الداي ، المسجد القديم والجديد ، قنطرة المياه وجناح الراحة للحريم ، واعترض المشروع صعوبات كثيرة منها : عدم توفر مواد البناء الموصى بها في الدراسة ، وامدادات متقطعة من مواد البناء ، غياب المساعدة الفنية والتقنية من قبل مكتب PKZ ، وفي الأخير إنسحاب شركة بناء الجزائر [1].

- 1994 – 1997 انطلاق أعمال الصيانة والحماية للقلعة بتدخل العديد من المقاولين [2] .

[1] - Bensaadi Toubal Djamila , Op Cit , p 104-105.
[2]- Ministère de la communication et de la culture , Op cit , p p 13 – 14

- 1997 إلى 2000 انطلاق أعمال الترميم أو بالأحرى الأعمال الاستعجالية للمرحلة الأولى في القلعة ، والبدأ بالأماكن الأكثر تدهورا وتمثلت الأعمال في التدعيم ، وتركيب الكهرباء ، والحماية بالتلبيس وتغطية الأسطح الخارجية .

- 2000 إلى 2002 انطلاق المرحلة الثانية من المخطط والتي كانت في كل من حي الانكشاريين ، الجناح الصيفي ، قصر البايات ، المسجد القديم وجناح الأغا .

- 2002 إلى 2003 تمويل بقيمة مائة مليون دينار موجهة لأعمال الاستعجالية والترميم في القلعة .[1]

- فيفري 2005 اقتراح لتأهيل فضاء القلعة للاحتياجات الثقافية التجارية في إطار مشروع التهيئة من قبل وزارة الثقافة للوحدة المكلفة بتسيير أعمال ترميم والتهيئة للقلعة .

- 2006 إعادة وضع دراسة ترميمية للقلعة من طرف PKZ وتقييم وتوثيق التلف الحاصل في القلعة .

- 2007 إلى 2009 استمرار الدراسات التقنية الخاصة بمواد البناء والتقنيات والتصوير والتوثيق من طرف PKZ ، مع عمل أسبار أثرية [2]، كما تم اقتراح استبدال خشب العرعر البربري بخشب مستورد من نوع التويا من المناطق المعتدلة أو من بلدان نصف الكرة الشمالي ، وتندرج تحتها أنواع كثيرة مثل التويا الكورية ، التويا الغربية ، تويا بليكاتا ، والجدول رقم (03) يبين الخصائص الفيزيائية لخشب التويا ، كما يمكن النظر إلى الملحق لمزيد من المعلومات .

جدول رقم (03) الخصائص الفيزيائية لخشب التويا [3]

الخصائص	الكتلة الحجمية 12% (غ/س^3)	الانكماش الحجمي لـ1% من الرطوبة (%)	الانكماش المماسي (%)	الانكماش كلي القطري (%)
التويا	0.37	7.8	4.5	2.1

[1]- Ministère de la communication et de la culture , Op cit, p p 14 – 15 .
[2] - Andrzej Macur , Op cit , p 6.
[3] - Fiche technique de bois de Thuya .

- 2012 القيام بتقوية قصر البايات من طرف PKZ وتركيب الكهرباء والصرف الصحي[1] .

5.4- التدخلات الاسبانية 2012 – 2015

بحسب تصريحات المهندس الهاشمي سعدي وفضيل شلوتي ، كانت هناك تدخلات لإعادة بناء السور الخارجي لقلعة الجزائر بعد انهياره بسبب الأمطار والموجود على الجهة اليمنى من مدخل باب الجديد. شكل رقم (59) صورة لانهيار جزء من السور الخارجي للقلعة.

شكل رقم (59) صورة لانهيار جزء من السور الخارجي للقلعة . عن هاشمي سعدي

تمت التدخلات من طرف المؤسسة الاسبانية GERCA مع مشاركة جزائرية من OGBEC ، وجرت باتباع الخطوات التالية :

- تم اسناد السور باستعمال دعامات حديدية ، وتغطيته بسقف .شكل رقم (60 أ،ب)
- تم تقطيع الجهة الخارجية من الجدار إلى مربعات والتي تحوي الأجر والملاط وجزء من الطابية بمقدار 2 سم (لأن الأسوار الخارجية بنيت بالتقنية المزدوجة) ، وتم ترقيم هذه المربعات ووضعت على الجانب .
- إزالة التراب المركوم الذي كان داخل السور وقد قدر عرض الجدار بحوالي 3 م .

شكل رقم (60) أ ، ب صورة لتغطية واسناد السور المنهار بالقلعة . عن هاشمي سعدي

[1] - Andrzej Macur , Op cit , p 6.

- وضع أساس من الاسمنت المسلح ، مع وضع دعامات حديدية ليستند عليها الجدار ، ثم البدأ بعملية البناء باستعمال الأجر والملاط في المناطق المنهارة ، أما المناطق التي تم منها إزالة المربعات فقد أعيد تركيبها ، وإكمال البناء . شكلين رقم (61) و (62) .

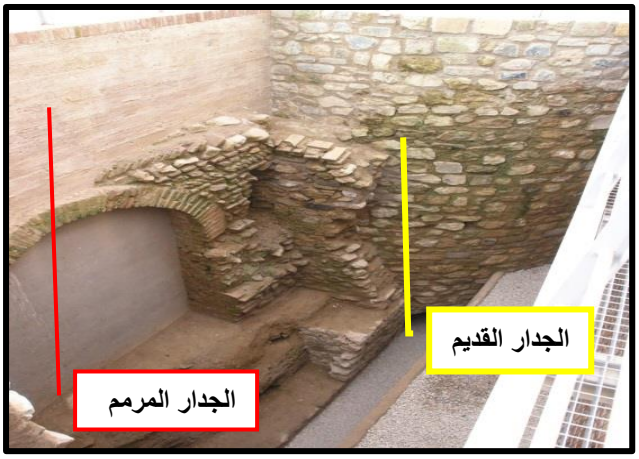
شكل رقم (61) صورة للدعامات الحديدية داخل السور. عن هاشمي سعدي

شكل رقم (62) صورة لتركيب القطع في السور وعملية البناء . عن هاشمي سعدي

- بعدها تم وضع طبقات من التراب وتدميكه ، ثم إسناده بوضع الحجارة ذات الأشكال المختلفة وشدها بواسطة شبكة حديدية système de gabionnage ، مع عدم إكمال بناء كامل الجدار بسبب وجود أثار لجدار يعود للفترة الوسيطة ، وترك نافذة أثرية لرؤية الطابية

الأصلية للجدار ، ثم تم تلبيس الجدار من الخارج والداخل ، ووضع سقف له لتفادي دخول مياه الأمطار للأجزاء التي لم تكتمل إعادة بنائها . الأشكال من (63)، (64) ، (65) .

شكل رقم (63) صورة للحجارة الساندة للتراب المركوم . عن الباحثة



شكل رقم (64) صورة لأثار الجدار الذي يعود للفترة الوسيطة . عن الباحثة

شكل رقم (65) أ ، ب صورة للمنظر النهائي للجدار بعد الترميم داخليا وخارجيا.
عن هاشمي سعدي

6.4 – التدخلات على مسجد الداي 2014 - 2018

بدأت الدراسات على مسجد الداي مع المكتب البولوني PKZ ، كما كانت هناك تدخلات استعجالية ، بعدها انطلقت أعمال الترميم مع مكتب دراسات جزائري ، والتي شارفت على الانتهاء إذ بقيت الأعمال الخاصة بالخشب كتركيب النوافذ والأبواب والسدة واختيار الألوان المناسبة لها .

- وتم ترميم كلي للمسجد بالنسبة للجدران والقبة وقاعة الصلاة والأعمدة الرخامية بها إذ تم تنظيفها بطريقة ميكانيكية باستعمال جهاز micro burin والتي تبدوا أثاره واضحة على الأعمدة الرخامية بشكل خدوش ، ثم تم لفها بواسطة غشاء بلاستيكي لحمايتها أثناء عملية الطلاء . شكل رقم (66)

شكل رقم (66) صورة لقاعة الصلاة بمسجد الداي بعد الترميم . عن الباحثة

- وفيما يخص التدخلات التي أجريت على الأخشاب على مستوى القباب بمسجد الداي فقد صرح لنا كل من فضيل شلوتي وهاشمي سعدي أنها جرت بحسب الخطوات التالية :

- يتم أولا إزالة الملاط والآجر والحفر للوصول إلى القطع الخشبية التي أدمجت في القبة ، والتي تآكلت بسبب الفطريات نتيجة تسرب مياه الأمطار . شكل رقم (67) أ، ب

شكل رقم (67) أ،ب صورة للحفر لإزالة القطع الخشبية في قبة مسجد الداي . عن هاشمي سعدي

- إزالة القطع الخشبية وتنظيف مكانها جيدا وتسويتها باستعمال إزميل وفرشاة ، ثم طليها بالجير من أجل التطهير والقضاء على الفطريات والتي تكون متواجدة في المكان .شكل رقم (68أ، ب) تنظيف المكان وطليه بالجير .

شكل رقم (68) أ،ب صورة لتنظيف المكان وطليه بالجير . عن هاشمي سعدي

شكل رقم (69) صورة لتقطيع الخشب بحسب مقاس القبة . عن هاشمي سعدي

- يتم أخذ القياسات من أجل اختيار أخشاب بنفس الطول والتي تم استرجاعها من العمليات السابقة ، بحيث يتم قطع أطرافها لأن هذه الأخشاب استعملت في التسقيف وهذا ما ترك ضررا عليها عند مستوى اتصالها بالجدران . شكل رقم (69)

- تعالج الأخشاب وتغمر في أحواض بها محلول مكون من الماء ومبيد الفطريات من نوع VIDAN- 25 EC وتترك لمدة 24 ساعة ، ثم توضع في أحواض أخرى بها محلول من الماء ومبيد للحشرات من نوع Cyatin eurl AGRivil، ثم تخرج لتجف مدة أسبوع وتطلى بالجير وتترك لتجف . شكل رقم (70 أ،ب) معالجة الأخشاب بمبيد الفطريات وطليها بالجير .

شكل رقم (70 أ، ب) صورة لمعالجة الأخشاب بمبيد الفطريات وطليها بالجير . عن هاشمي سعدي

- يتم تحضير ملاط من الجير + رمل الواد + نسبة من رماد الخشب ويتم وضع طبقة منه داخل الفراغ ثم نضع القطعة الخشبية الأولى ، ثم نضع الملاط على القطعة الخشبية حتى نغطيها بالكامل ، ثم يطلى هذا الملاط بطبقة من مزيج من الجير والماء من أجل التطهير وإبادة الفطريات ، بعدها نضع القطعة الخشبية الثانية ونضع الملاط عليها ونسويه ونتركه يجف ، بعدها نضع طبقة من الجير ثم تطلى بطبقة من الملاط المكون من الجير والرمل ومسحوق الآجر . الشكل رقم (71) الخطوات النهائية لترميم القبة .

أ. تحضير للملاط ب. وضع القطعة الخشبية بداخل القبة ج. الطلاء بحليب الجير للتطهير
شكل رقم (71 أ ، ب،ج) الخطوات النهائية لترميم القبة عن هاشمي سعدي

- وفي الوقت الحالي يتم طلاء الجدران الخارجية لمسجد الداي بالطلاء الجيري كخطوة أخيرة من الترميم . شكل رقم (72) طلاء الواجهة الشرقية لمسجد الداي بالجير .

شكل رقم (72) طلاء الواجهة الشرقية لمسجد الداي بالجير . عن الباحثة

7.4 – تدخلات 2017 – 2018

- تم توزيع عملية ترميم القلعة على مكاتب دراسات جزائرية منها : مكتب محينداد رفيق من أجل ترميم البطارية الثانية والمخازن ، مكتب دراسات حموش لترميم قصر البايات ، وقصر الداي .

- بدأت التدخلات بإجراء التدعيمات في كل من قصر البايات وقصر الداي ،وعلى مستوى المخازن .

- لترميم أسقف غرف قصر البايات سيتم استخدام أخشاب تنتمي إلى chêne zen وهي أنواع تم جلبها من القبائل من غابات أكفادو ، وتنتمي هذه الأخشاب إلى الأشجار الورقية صنف البلوطيات وتختلف خصائصها على خشب العرعر البربري ، والجدول رقم (04) يبين خصائص خشب بلوط الزان لغابة أكفادو ببجاية .

جدول رقم (04) خصائص خشب بلوط الزان [1]

الخصائص	الكتلة الحجمية غ/سم^3	الانكماش القطري %	الانكماش المماسي %	مقاومة الانكسار عند الانحناء (ميغا باسكال)	مقياس الليونة الطولي (ميغا باسكال)	مقاومة الانكسار عند الضغط (ميغا باسكال)
خشب بلوط الزان	1.015	5.2	7.8	195	12140	60

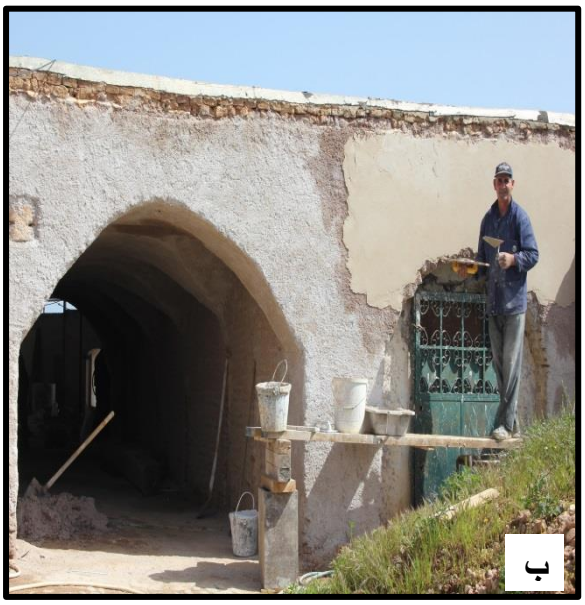
كما تم استخدام خشب العرعر البربري والذي تم جلبه من تلمسان ، كما نجد أيضا أخشاب الصنوبر البحري في شكل ألواح يتم استعمالها فوق الأخشاب المستديرة لترتكز عليها باقي الأرضية والسقف ، ويتم دهن هذه الألواح والأخشاب الأخرى بطبقة من زيت الكتان للحماية من الرطوبة وهي عملية غير كافية ، كما يتم وضع طبقة من البيتومين على أطراف الأخشاب التي تكون في اتصال مع الجدران للحماية من الرطوبة .

[1] - Derbbal wassila , op cit , p 1.

- تم إزالة سقف الطابق الأرضي من المخازن وإعادة تركيبه من جديد باستعمال خشب جديد، حيث وضعت أخشاب مضلعة طليت أطرافها التي تكون في تماس مع الجدران بواسطة مادة البتومين ، ثم صفت فوقها ألواح خشبية بطريقة عرضية تم طلاؤها بزيت الكتان ، وتوجد بها الكثير من العقد. شكل رقم (73 أ،ب) إعادة سقف المخابئ داخليا وخارجيا .

شكل رقم (73 أ،ب) صورة لإعادة سقف المخابئ خارجيا وداخليا . عن الباحثة

- تم بناء الجدار والمزاغل وإعادة بناء المراحيض على مستوى البطارية الثانية ، باستعمال الأجر والملاط المكون من الجير والرمل الأصفر والرمل الأسود ومسحوق الأجر ، ثم تلبيسها . شكل رقم (74 أ،ب) إعادة بناء وتلبيس جدران البطارية الثانية .



شكل رقم (74) أ،ب صورة لإعادة بناء وتلبيس جدران البطارية الثانية . عن الباحثة

شكل رقم (75) صورة لمبيد فطر الميرال .
عن هاشمي سعدي

- تم استكمال ترميم الحمام الانكشاري وغلقه ، و بعد القيام بزيارة الموقع مؤخرا تم اكتشاف فطريات من نوع الميرال بداخله أسفل السلالم ، والذي تم معالجته باستخدام مبيد للفطريات من انتاج الشركة الفرنسية CECIL ، والذي يستخدم في مكافحة فطر الميرال في الأقبية والأساسات ، ويتكون من كلورور ألكيدي مثيل بنزيل أمونيوم بتركيز 10% .شكل رقم (75) صورة المبيد

- وقد تم استعمال المبيد بطريقة الرش والتشريب بالطريقة المستعملة في رش المحاصيل الزراعية ، حيث تم رش الحمام من الداخل والخارج ، كما تم حفر ثقوب بواسطة مثقاب آلي على مقربة من الجدران الخارجية للحمام (طول الطريق المؤدي للحي الانكشاري) ، ووضع أنابيب بها لإفراغ المبيد داخلها حتى يتسنى له التسرب إلى داخل الجدران والسقف لتوفير الحماية المطلوبة ولتفادي ظهوره مجددا . الشكل رقم (76 أ،ب) الجهاز وطريقة رش مبيد الفطر .

أ. الجهاز المستعمل في الرش ب. مكان حفر الثقوب وطريقة المعالجة
شكل رقم (76 أ،ب) صورة لجهاز وطريقة رش مبيد الفطريات . عن هاشمي سعدي

- وقد واجهت عملية ترميم القلعة العديد من المشاكل من بينها : التوقفات الكثيرة بين فترات الدراسة وانطلاق عمليات الترميم ، الافتقار للشركات الخاصة بالترميم ، عدم وجود اختصاصيين في الترميم ، عدم الاستمرارية في أعمال الترميم وانقطاعها ، كثرة المقاولين والشركاء ونقص الحوار ، عدم كفاءة الأشخاص المكلفين بالمراقبة ونقص خبرتهم في هذا المجال ، عدم توفر المواد التقليدية في الأسواق وصعوبة الحصول عليها ، قلة الحرفيين ، الاكتشافات الأثرية غير المتوقعة والتي كانت مدفونة إما في الأرضيات أو داخل الجدران ، وغيرها من المشاكل الأخرى .

وبالرغم من هذه الصعوبات فقد تم ترميم وتدعيم بعض القطاعات مثل : حي الانكشاريين ، وجامع الانكشاريين ، حمام الأغا ، مسجد الداي ومسجد الجيش ، مصنع البارود و لا تزال باقي الأشغال جارية إلى غاية اليوم .

5 – الخلاصة:

تتميز قلعة الجزائر بعمقها التاريخي و بموقعها الجغرافي و بمواد و تقنيات بنائها حيث نجد أنها بنيت بتقنيات و مواد مختلفة ، هذا الاختلاف يدل على مستوى التقدم التقني لبناء القلاع وعلى الفترات التاريخية التي مرت بها ، و هو ما أبرز تشكيلاتها التي جعلتها المرآة الحقيقية للقلاع العسكرية والأمر الذي مكنها من تقديم التعزيزات الدفاعية للجزائر قديما ، وللمحافظة على منشآت القلعة واستمراريتها قامت وزارة الثقافة و OGEBC بتدخلات منذ الاستقلال إلى يومنا هذا ، بهدف ترميم ومعالجة الأضرار التي أحلت بالقلعة ، والتي كان منها الإيجابي والسلبي ، فمثلا تم ترميم الحمام الانكشاري ومسجد الداي بطريقة تسمح بتمييز الأصلي مما هو مستحدث ، أما في خصوص الأمور السلبية فهي التدخلات التي كانت في قصر البايات كاستبدال الأعمدة الرخامية بأعمدة إسمنتية في الطابق الأرضي، واستخدام الاسمنت في الترميم ،معالجة الأخشاب في قبة مسجد الداي بمبيدات الفطريات والحشرات الخاصة بالمحاصيل الزراعية ، إذ كان ينبغي استخدام مبيدات خاصة بالأخشاب.
عدم حماية الأخشاب من الرطوبة بشكل جيد والاقتصار على دهنها بطبقة من زيت الكتان فقط ، زيادة على استعمال أنواع مختلفة مثل chêne zeen ، وألواح من الصنوبر تكثر بها العقد .
الاستبدال الكلي للنوافذ والأبواب في كل من حمام ومسجد الانكشاريين .
وبالرغم من التدخلات السابقة إلا أن عمليات الترميم لا تزال مستمرة في انتظار أن ترى القلعة النور كمتحف حي يختزل حضارة استقرت مكانها أبد الدهر .

الفـصل الثـــاني:

أنواع الخشب واستعمالاته

الفصل الثاني : أنواع الخشب واستعمالاته

تمهيد

1- تعريف الخشب

2 - تطور استخدامات الخشب عبر العصور

3- أنواع الخشب

4 - بنية الخشب

5 - تكوين الخشب

6 - خصائص الخشب

7 - تصنيع الأخشاب

8 - تعريف خشب العرعر البربري

9 - تجدد نمو العرعر البربري

10 - أماكن النمو والانتشار

11 - الطبيعة البيئية للعرعر البربري

12- الأهمية الاقتصادية للعرعر

13 - خصائص خشب العرعر البربري

14 - الخلاصة

تمهيد

يعتبر الخشب من أكثر المواد التي استعملت في البناء منذ القدم ، وهذا بالنظر لوفرته وسهولة الحصول عليه ،زيادة على خصائصه وطبيعته التي تسمح باستعماله دون بذل الكثير من المجهود بالمقارنة مع المواد الأخرى كالحجارة والمعادن .

ويعتبر خشب العرعر البربري من بين أنواع الخشب التي استعملت قديما في تشييد المباني ومنها قلعة الجزائر .

1- تعريف الخشب

هو عبارة عن مادة متماسكة صلبة ، متينة تكوِن الجذور والسيقان وفروع الأشجار والشجيرات [1] ، أو هو مجموعة من الأنسجة ذات الأصل الثانوي في الجدران المتخشبة الناتجة عن تحرك وتراص الخلايا نحو المركز [2] ، وهو المادة التي تكوّن بَدَنِ الأشجار ، وإذا ما قمنا بقطع الجذع فإننا سوف نميز جزآن مختلفان ، الجزء الخارجي وهو القشرة ، وآخر داخلي وهو الخشبين أو الخشب ، بحيث أنه في بعض الأشجار يتكون الخشبين من طبقات مركزية من نسيج ليفي والذي ينقسم بدوره إلى أجزاء أصغر[3] .

أما عن العلم الذي يعنى بدراسة الأخشاب من حيث النشأة والتكوين والصفات التشريحية ،والاستعمالات ومختلف طرق المعالجة فيدعى بـ : كزيلولوجي .

1.1- الصفات الأساسية للنباتات الخشبية

توجد مجموعة من الشروط الأساسية في النباتات الخشبية و التي تجعل من الأخشاب عنصرا هاما في مجال البناء ، هذه الشروط تؤثر على الامكانيات الانشائية و الجمالية والوظيفية للأخشاب المختلفة و هي:

- يجب أن تكون النباتات الخشبية معمرة .
- أن يتميز النبات الخشبي بساق قائم خالي من التفرع فوق سطح الأرض[4].
- أن تحتوي على خلايا خشبية و لحائية.

[1] - Chevalier de Lamarck- Encyclopédie Méthodique ou par ordre de matières, Botanique - Tome 1 , Paris , SD , p 432 .

[2] - VENET .J - Identification et classement des bois franç**ais** - Centre de Nancy , France , SD , P 29 .

[3] - CHABAT PIERRE - Dictionnaire des termes employés dans la construction - 2ème édition , V^T A Morel et C^ik éditeur , Paris , 1881 , p 270- 271 .

[4] - رمضان ناصر - محاضرات في الخشب – المنشأ النباتي للأشجار الخشبية وموقع الأشجار في المملكة النباتية - د م ، د ت ، ص 1-2.

- أن تكون من النباتات التي يحدث فيها تغليظ سنوي [1].

2- تطور استخدامات الخشب عبر العصور

استخدم الخشب منذ العصور المبكرة كمادة بناء نظرا لما يمتاز به من المقاومة العالية لقوى الضغط والشد مما يجعله مثاليا في تحمل مختلف أنواع القوى .

وشهدت الحضارة الإنسانية عبر العصور استخدام الخشب في عدة مجالات منها كمواد بناء أساسية في العناصر الإنشائية الحاملة ، أو في كسوة الواجهات و أعمال الديكور الداخلية.

1.2 - عصر ما قبل التاريخ

حاول الإنسان منذ البدايات الأولى للتاريخ الإنساني أن يستخدم الخشب بحالته الطبيعية على صورة أكواخ بسيطة و التي استمد فكرتها الأساسية من الأشجار المحيطة به ، هذه المحاولات تعتبر بمثابة البدايات الأولى للتشكيلات الخشبية حيث قام الإنسان البدائي بعمل قوائم خشبية من جذوع الأشجار وأغصانها وأوراقها ، وقام بتغطية السطح الخارجي للأكواخ بطبقة من الطين والنبات و هو ما عرف فيما بعد بالإنشاء الهيكلي و في مراحل متقدمة استخدم الجلود في تغطية الهيكل الخشبي الخارجي.[2]

كما اعتمد الإنسان البدائي في هذه المرحلة على الأخشاب في صنع الأدوات البسيطة التي تمكنه من إنجاز مهامه المتمثلة في بناء مأوى يقيه من تقلبات الطقس المحيط ، وكذلك استعمل الخشب في إشعال النار للطبخ ولإبعاد الحيوانات المفترسة .[3]

2.2 - الحضارة المصرية القديمة 3000 ق.م – القرن الأول ميلادي

استخدم المصريون مواد البناء المتاحة بالبيئة كالخشب في صنع الآلات والمعدات اللازمة لبناء الأهرامات المصرية القديمة كما استخدمت الأخشاب والطين في بناء المباني السكنية و كثر استخدام الأخشاب بوجه عام في تنفيذ الجدران .

-كانت تنشأ الجدران من قوائم الجريد أو الخوص و هذه القوائم متصلة معا بعوارض على هيئة شبكة تسليح مع عمل لباسة من الطين.

---

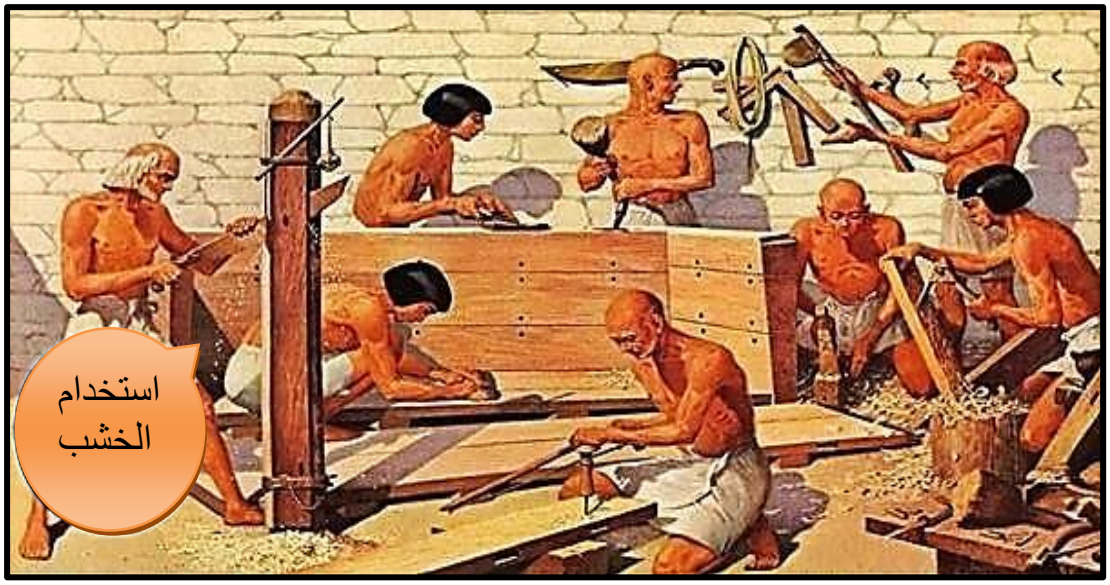
[1] - رمضان ناصر ، المرجع السابق ، ص 2.

[2]- هاشم عبود الموسوي- العمارة وحلقات تطورها عبر التاريخ القديم - ط 1 ، دار دجلة ، عمان ، 2011 ، ص 1 .

[3]-Michel Noël , Aimé Bocquet -Les Hommes et le bois histoire et technologie du bois de la préhistoire à nos jour - Hachette , 1987 , p p33-42.

- اتخذت الجدران الشكل المصمت قليل الفتحات مع ميلها للأعلى لتحقيق التوازن وهو تعبير صريح عن الحقيقة الإنشائية[1]. شكل رقم (77) البناء بالخشب

- كما أقتبس المصري القديم شكل النخيل لأعمدته والتي عرفت باسم الأعمدة النخيلية.



شكل رقم (77) إعادة تصور للبناء بالخشب في العهد الفرعوني .
بتصرفhttps://www.civgrds.com/civilizations-prevailed-perished

- قد تميزت العمارة المصرية القديمة بالتوافق التام مع البيئة المحيطة من حيث الاعتماد على مواد البناء المتوفرة في المناطق المحيطة والمتمثلة في الحجر والطين والخشب مع إضافة هذه العناصر على واجهات المباني ، كما استخدم في صناعة التماثيل والعربات والأثاث والتوابيت والمراكب ، واستخدمت أخشاب محلية وأخرى أجنبية [2]. شكل رقم (78) صورة لتمثال من الخشب في الحضارة المصرية .

شكل رقم (78) صورة لتمثال من الخشب .
http://www.antiquities.gov.eg

[1] - مجهول - محاضرات عن الأخشاب - دت ، دم ، ص 35.
[2] - محمد راشد حماد - نجارة الأثاث في مصر القديمة - سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب ن وزارة الثقافة والمجلس الأعلى للأثار ، مصر ، 2005 ، ص 226 ،285، 347

3.2 - الحضارة الإغريقية 3000 –146 ق م

أهم ما تتميز به العمارة الإغريقية السعي للتجويد والبحث عن المثاليات والجماليات عن طريق الاهتمام بالنسب والتماثل.

- كما تميزت بتعدد النظم الإنشائية المستخدمة كالنظام الهيكلي بالكمرة والعمود و نظام الجمالونات الخشبية ذات الميل البسيط في الأسقف.

- كما استخدمت الأخشاب كمادة إنشائية حاملة للأعمدة والكمرات والشدات و في أعمال الكسوات للحوائط الداخلية والخارجية كما أستخدم في الأرضيات والأسقف بالإضافة إلى استخدام الخشب في أعمال الزخارف لتيجان الأعمدة[1].

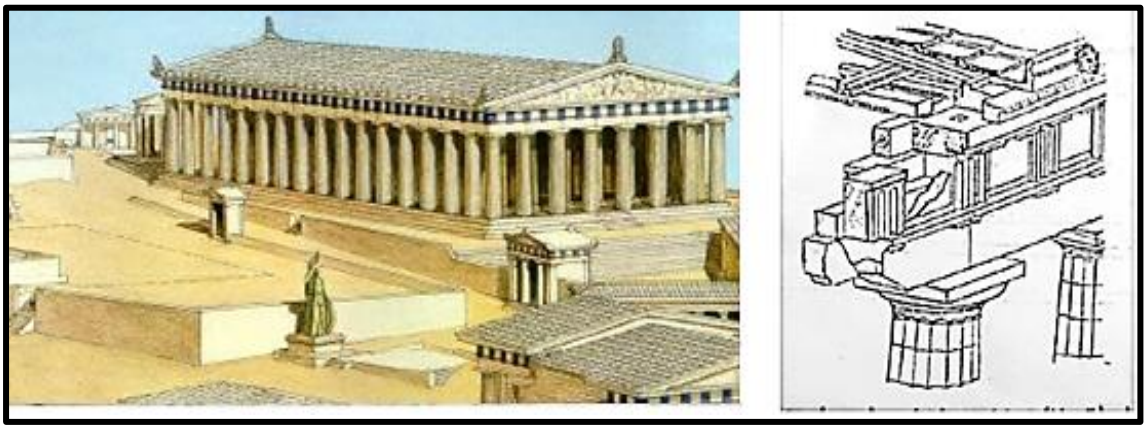
- في هذه الحضارة ظهرت الشدات والسقالات الخشبية التي تستعمل في الوصول إلى منسوب العمل بالمباني عند التنفيذ.

-كانت الحوائط في البداية سميكة من الطوب الطيني المجفف وأعواد من الخشب و مغطاة بألواح من الجبس من الخارج أو بألواح بسيطة من الخشب مع استعمال الأعمدة الخشبية في الداخل لمساعدة الحوائط في دعم السقف وحمله .

-و نظرا لاستخدام الخشب مع الطين كانت توجد شقوق كثيرة في الحوائط مما أدى الى تغطيتها بألواح الجبس والفريسكو .

-كما تم استخدام الأخشاب في كافة أنواع المباني حيث تم استخدامها في الأسقف في المساكن والقصور على هيئة أسقف مائلة كما تم استخدامها في أسقف المعابد على هيئة جمالونات لتحقيق متطلبات التهوية والإضاءة الطبيعية [2] . شكل رقم (79أ،ب) استخدام الخشب في التسقيف في الحضارة الإغريقية .

[1]- هاشم عبود الموسوي - موسوعة الحضارات - الأردن ، 2013 ، ص 307.
[2]- مجهول ، محاضرات عن الأخشاب المرجع السابق ، ص 36.



أ. استخدام الخشب في التسقيف ب. اعادة تصور لتسقيف معبد البارثنون
شكل رقم (79أ،ب) استخدام الخشب في التسقيف في الحضارة الاغريقية.
بتصرف http://arab-ency.com

4.2 - الحضارة الرومانية 753 ق.م - 476 م

تتميز العمارة الرومانية بتنوع استخدام الخشب في تشييد المباني.

- أضاف الرومان أبعاد جديدة في الإنشاء لم يعرفها الإغريق كاستخدام الإنشاء المعقود والذي مكنهم من تغطية المساحات الواسعة وارتفاع المباني .

- فقدت الأعمدة وظيفيتها الإنشائية كعنصر حامل و أصبحت مجرد عناصر زخرفية جمالية ملتصقة بالجدران الحاملة أو على هيئة أكتاف. [1]

- كما ساعد استخدام الأخشاب بهذه الحضارة على استخدام عدة أنظمة إنشائية كنظام الكمرة والعمود والجمالونات.

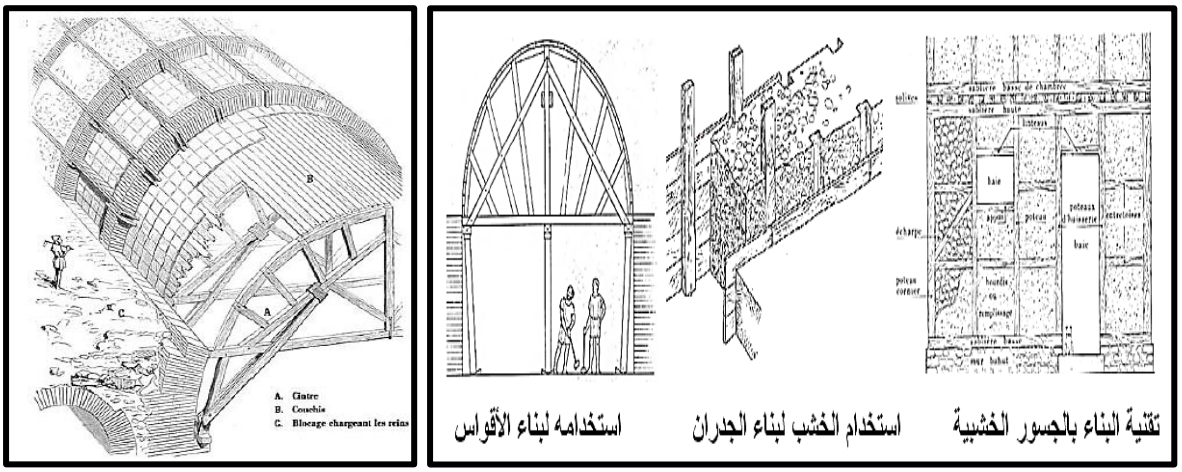
- طور الرومان نظام القوس ليصبح عنصر إنشائيا مهما في المباني واستخدم لأول مرة الخرسانة غير المسلحة.

- استخدم الرومان أيضا الأقبية والقباب في التغطيات وساعدهم على ذلك سهولة استخدام الأخشاب في الشدات والسقالات اللازمة لتنفيذ هذه النظم الإنشائية.

-ولكن تراجع استخدام الأخشاب في العناصر الإنشائية الحاملة في مباني هذه الفترة نظرا لاكتشاف الرومان الخرسانة العادية والتي قاموا بعمل الحوائط منها عن طريق وضعها بين صفين من الطوب مع وضع الخشب كدعامات رابطة بين مداميك الطوب واقتصر استخدام الأخشاب في المباني في الزخارف والحليات بالواجهات .

[1] - قبيلة فارس المالكي - تاريخ العمارة عبر العصور - دار المناهج للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2011 ، ص 73 .

- كما تم استخدامه في الشدات للخرسانة العادية كذلك في أعمال الشدات المختلفة [1]، كما استخدم في بناء الجدران في تقنية تدعى opus craricium وهي استخدام جسور خشبية من أجل امتصاص الهزات ولإسناد الجدران الطينية وتخفيف حمولتها [2]، ويستخدم أيضا في صناعة الأثاث والأدوات الحربية كالرماح والتروس والعربات. شكل رقم (80) استخدامات الخشب في البناء في الحضارة الرومانية .



شكل رقم (80) استخدامات الخشب في البناء في الحضارة الرومانية .
عن Adam JP بتصرف

5.2- الحضارة الإسلامية

تتميز العمارة الاسلامية بالعديد من المفردات والعناصر المعمارية كالمآذن والقباب والعقود والمشربيات والملاقف والأفنية الداخلية ، ويعد الخشب أكثر مواد البناء العضوية استخداما حيث لا يكاد يخلو مبنى منه ، حيث استخدم في العناصر الإنشائية الحاملة كالحوائط والأعمدة والكمرات و الأسقف والأرضيات والسلالم على حدا سواء ، و استخدم كذلك في أعمال الكسوات المختلفة للحوائط الداخلية والخارجية ،كما ظهرت استخدامات عديدة للخشب كاستخدامه في تغطية الشوارع كذلك الحليات و الواجهات [3] ، ظهرت بعض العناصر المعمارية الخشبية الجديدة والتي استمدت عملها من روح الإسلام و تحقيقا لمبادئه، كعنصر المشربية لتحقيق الخصوصية ، والتي هي عبارة عن حاجز من الخشب المخروط ، وتتألف

[1] - قبيلة فارس المالكي ، المرجع السابق ، ص 81 .

[2] - Adam JP , **La construction romaine** , p 132-133

[3]- عبد الرحيم غالب - موسوعة العمارة الإسلامية - ط 1 ، جروس برس ، بيروت ، 1988، ص 174.

من فصوص مخروطة تعشق داخل إطارات أو سدايب حسب تصميمات مسبقة لأشكال مفرغة لكتابات أو زخارف أو صور [1]، كما هناك عناصر أخرى كالمقرنصات ، والقمريات والشمسيات، كما استخدمت الأخشاب في المساجد في كل من الأفاريز الزخرفية والأسقف والمنابر ، الدكك والأبواب إضافة إلى كراسي المصاحف وصناديقها ، دكك المبلغين، الشبابيك والدواليب الحائطية والمحاريب الخشبية والتي عني بزخرفتها بشكل كبير واستخدمت فيها مختلف التقنيات [2] . شكل رقم (81) صور لاستخدامات الخشب في الحضارة الاسلامية .

شكل رقم (81) صور لاستخدامات الخشب في الحضارة الاسلامية
عبد الودود بن عامر العمراني -الفن الاسلامي والعمارة -

6.2 - عصر النهضة و الباروك 1400 – 1800 م

- يعتبر الخشب أحد مواد البناء الأساسية في هذا العصر بجانب الحجر والخرسانة والطين حيث أستخدم في العديد من الأنظمة الإنشائية كالحوائط الحاملة و الكمرة و العمود والعقود والجمالونات و الإطارات الخشبية ذات البحور الواسعة كما استخدم في أعمال التكيسات الداخلية و الأرضيات والحليات والزخارف و الشدات الخشبية . [3]

- كما أستخدم الخشب بكثرة في العناصر الإنشائية الحاملة حيث يتم استخدامه في بادئ الأمر في تنفيذ الحوائط الحاملة ، كما أستخدم في تنفيذ الأعمدة و الأسقف و الكمرات والحوائط ، كما أستغل في أعمال الفن والنحت في العناصر المعمارية في كافة أنواع المباني

[1]- حسن باشا ـ موسوعة العمارة والأثار والفنون الإسلامية - المجلد الثاني ، ط 1 ، أو راق شرقية للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت ، 1999 ، ص 284 .
[2]- شادية الدسوقي عبد العزيز- الأخشاب في العمائر الدينية العثمانية - ط 1 ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة ، 2003، ص 81 .
[3]- مجهول ، محاضرات عن الأخشاب المرجع السابق ، ص38 .

و في كافة الوظائف التفصيلية للأسقف الخشبية ، وفي تكسية الجدران ، وفي صناعة الأثاث المختلف [1] . شكل رقم (82) صور لاستخدام الخشب في عصر النهضة أ. كنيسة آية صوفيا و التي تحولت الى مسجد محمد الفاتح بتركيا ثم إلى متحف ، ب. سقف خشبي لكنيسة سانت جيرو من الطراز القوطي بفرنسا ، ج. خزانة خشبية فرنسية من عصر النهضة الأوروبية مصممة بطراز هنري الثاني الذي كان شائعًا في أواسط القرن السادس عشر.

أ. كنيسة آية صوفيا ب. تسقيف خشبي لكنيسة سانت جيرو ج. خزانة خشبية فرنسية بتصرف
شكل رقم (82 أ،ب،ج) صور عن استخدامات الخشب في عصر النهضة.

- لا يزال الخشب يحتل الصدارة في مواد البناء و كذا التزيين في الوقت الراهن إلا أن مجال استخدامه فاق المجال الانشائي إذ أصبح له أهمية من الناحية العلمية لتأريخ المكتشفات الأثرية و ذلك بتحديد الأعمار عن طريق تحليل ترتيب حلقات الأشجار أو نمو الحلقات حيث تمثل كل حلقة سنة ، ويستخدم في ثلاثة تطبيقات وهي

1 علم paléoécologie وهو علم المناخ في الماضي

2 علم archéologie وهو علم الآثار وتحديد عمرها

3 التأريخ بالكربون المشع datation en C_{14} حيث تستخدم حلقات الأشجار لتحديد ومعايرة عمر نصف الكربون المشع كمقياس اشعاعي لعمر الحفريات.

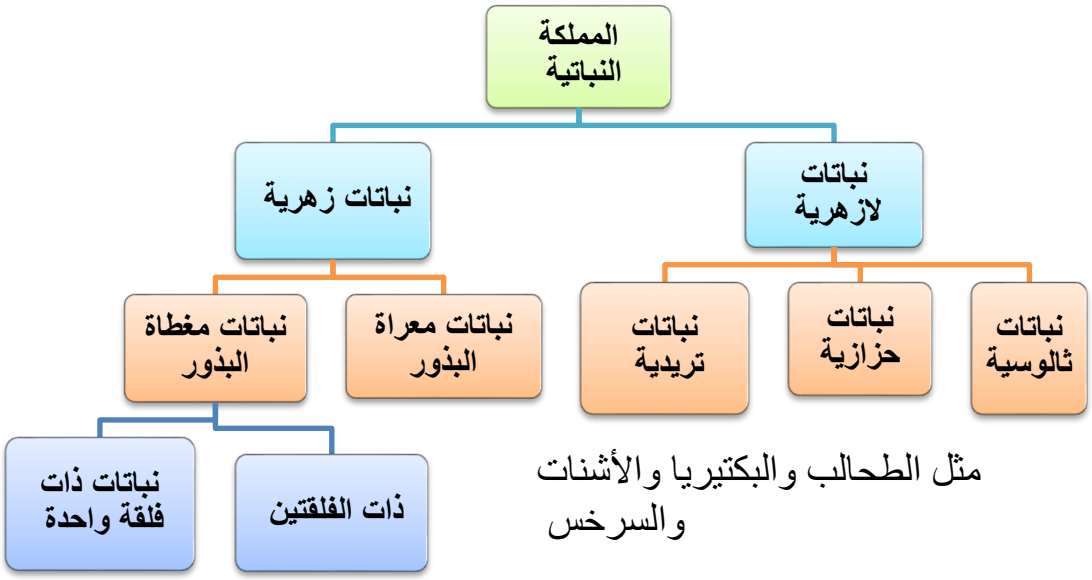
العلم الذي يستعمل في التأريخ بحلقات الأشجار يسمى دندروكرونولوجي Dendrochronologie [2]

[1] -Eva Pascual I Miro - Restaurer de bois - Gründ , 2000 , p p 9-15.
[2] - Lebourgeois . F - Introduction à la Dendrochronologie - LERFOB - Ecologie Forestière - Déc. 2008 , pp 2-5.

3- أنواع الخشب

لا يمكن أن نعتبر جميع نباتات المملكة النباتية منتجة للأخشاب باعتبار أن هناك نباتات دنيا وبدائية مثل قسم الحزازيات والنباتات الثالوسية والسرخسيات وأخرى عليا وأكثر تطورا، وتتمركز المجموعة المنتجة ضمن النباتات البذرية التي تنقسم بدورها إلى قسمين وهي مغطاة البذور وعاريات البذور ، وهذه المجموعة من ضمن النباتات المعمرة والتي تعيش فترة زمنية طويلة ، وتتفرع عاريات البذور إلى أربعة مجموعات أخرى تتصدرها النباتات المخروطية التي تنتج الأخشاب اللينة ، أما مغطاة البذور ففيها النباتات ذات الفلقة وذات الفلقتين [1] ، و عليه ينقسم الخشب من حيث علم النبات إلى :

أشجار مزهرة و هي غير مستخدمة ، أشجار غير مزهرة و هي النوع المستخدم ، شكل رقم(83) مخطط تكوين المملكة النباتية .



شكل رقم (83) مخطط تكوين المملكة النباتية
عن محمد عبد الله إبراهيم بتصرف

[1] - Hoadley Bruce - Identifying wood accurate results with simple tools -The Tauntaon press , USA , 1990 , pp 2-3 .

- الخشب من أصل نباتي و ليست كل النباتات تتميز بامتلاكها لسيقان و جذوع خشبية و لا تحتوي كل السيقان على المادة الخشبية التي يمكن منها إنتاج المادة الخشبية الخام الصالحة للاستعمال كمادة صناعية ، ويمكن تقسيم النباتات الخشبية إلى ثلاثة أقسام :

- شجرة : نبات خشبي معمر لا يقل ارتفاعه عن 20قدم و يحمل تاج مميز.

- شجيرة : نبات خشبي معمر لا يزيد ارتفاعه عن 20قدم ولها أكثر من ساق أصلى .

- متسلق خشبى : نبات خشبي معمر يتسلق على غيره ويكثر في الغابات الاستوائية [1]. شكل رقم (84) صورة عن أنواع النباتات الخشبية

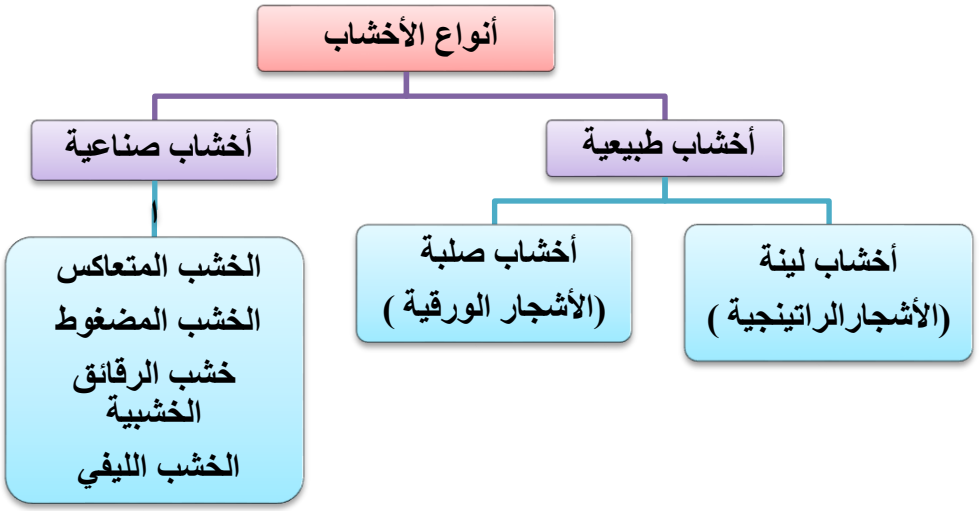
شكل رقم (84) صورة لأنواع النباتات الخشبية بتصرف

- وبالتالي فهناك تصنيفات عديدة يمكن تقديمها حسب المعايير التي يراد إبرازها أو حسب الاستعمال المراد للخشب ، ولهذا يمكن التصنيف بحسب الصلابة أو مكان الإنتاج ومصدر الأخشاب كأن نقول محلية أو أجنبية ، أو تبعا للخصائص التشريحية أو الاستعمال [2] .

وعلى هذا فإننا نجد نوعين من الأخشاب: الأخشاب الطبيعية والتي تنقسم بدورها إلى نوعين آخرين (الصلبة واللينة) والأخشاب الصناعية والتي تتفرع إلى عدة أنواع كالخشب المضغوط والحبيبي والمتعاكس شكل رقم (85) يبين مخطط أنواع الأخشاب .

[1]- رمضان ناصر ، المرجع السابق ، ص 2.

[2] - دني بيبونيه - الأخشاب المتعددة الألوان وترميمها - ترجمة : يسرى الكجك ، المعهد العلمي الفرنسي للدراسات العربية ، دمشق ، 1989 ، ص 31 .



شكل رقم(85) مخطط أنواع الأخشاب
عن الباحثة

1.3 - الأخشاب الطبيعية

تعتبر الأشجار المصدر الطبيعي للأخشاب التي تستعمل إما للبناء أو في نجارة الأثاث أو في صناعات أخرى كالورق مثلا ، وكما ذكرنا فإن هناك تقسيمات عديدة يمكن تبنيها ومن بينها التقسيم بحسب نوع الأشجار إما راتينجية أو ورقية، أو كثافتها بمعنى لينة أو صلبة .

1.1.3 - الأخشاب اللينة (الراتينجية)

تنتج من الأشجار عاريات البذور الدائمة الخضرة كالمخروطيات مثلا ، وتتميز بوجود القصيبات في بنيتها وعلى كميات كبيرة من الراتينج في قنواتها ، تتصف بوضوح الحلقات السنوية واتساع المسافات البِيْنِية بينها ، وألوانها فاتحة ، ونجد ضمن هذا النوع : الصنوبر بأنواعه ، السرو وخشب الأرز [1] ، تتميز بسهولة التشغيل وذلك لليونتها واعتدال أليافها و نجد منها:

- **خشب أبيض :**وقد يعرف أحياناً باسم البياض والشوح و هي أخشاب الصنوبر وتبلغ كثافته حوالي 35. كجم للمتر المكعب .

[1] - ابراهيم محمد صفاء محمد- دراسة علمية تطبيقية لعلاج وصيانة بعض التحف الخشبية الأثرية الإسلامية المزخرفة برقائق جلدية والطبقات الملونة تطبيقا على بعض التحف من مجموعة المتحف الإسلامي بالقاهرة - رسالة ماجستير صيانة وترميم الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006 ، ص 93 .

- **خشب السويد :** هو المعروف باسم الشوح الأصفر أو الموسكي، وكثافته45 كجم.

- **خشب العزيزى :** هو المعروف باسم الشوح الأصفر أو الموسكي، ويتميز باللون الداكن [1].

- **خشب البينو :** هو المعروف باسم الصنوبر الأحمر ويعتبر أقوى أنواع الأخشاب السابقة صلابة ولونه يميل إلى الاحمرار .

- **أخشاب التنوب:** وهي أقوى وأمتن من الصنوبريات جميعها وتنمو أشجاره في المناطق الباردة مثل النرويج واسكتلندا وكندا وتنقسم إلى عدة أنواع، وهي : (التنوب التركي والتنوب الكرماني والتنوب الكندي والتنوب دوجلاس والتنوب البولاندي واللاط والآرز والجوز) [2] .

- **خشب الأرز :** أبيض اللون يميل إلى الاصفرار سهل التشغيل له رائحة مقبولة تساعد على صيانته من التسوس ، يكثر بجبال لبنان وتركيا وقبرص والهند وبورما [3]. شكل رقم (86) صورة لأنواع الأخشاب اللينة .

شكل رقم (86) صورة لأنواع الأخشاب اللينة بتصرف الباحثة

[1] - أحمد مصطفى - خامات الديكور - دار الفكر العربي ، 1981 ،ص 46 -47.
[2] - نفسه ، ص 54، 56 ،65 .
[3] - نفسه ، ص 65.

2.1.3 - الأخشاب الصلبة (الورقية)

تنتج أخشاب هذه المجموعة من الأشجار الورقية التي تتميز بمساميتها لوجود الأوعية ، وتتسم أخشابها بالثقل إذ تفوق كثافة أنواعها غالبا 0.6 غ/ سم^3 ، وبها أشجار ذات قنوات مركزية حلقية : كالبلوط والدردار ، وأشجار ذات قنوات مبعثرة كالبتولا ،الحور ، الزان ، الزيزفون والكافور (الأوكاليبتوس)[1] ، ويتم استخدام هذه الأخشاب عادة في صناعة الأثاث لأنها تتميز بمنظر جمالي ، ومن أنواعها نجد :

- **البلوط :** هذا النوع صعب التشغيل وقابل للصقل ويزن المتر المكعب منه حوالي8كجم/م^3 عندما تكون نسبة الرطوبة فيه 12%.

- **القرو :** لونه داكن ومنه عدة أنواع : القرو النمساوي وكثافته 8كجم/م^3 ، والقرو الإنجليزي ولونه عاجي داكن ويستخدم في نجارة الأبواب والشبابيك والسلالم والتجليد للحوائط ، وأيضاً القرو المستورد من البلطيق، و القرو الأمريكي والذي يعرف باسم القرو الأبيض، وأخيراً القرو الأفريقي ولونه أحمر وهو صلد وصعب التشغيل.

- **الزان :** وهو من أكثر الأخشاب الصلدة شيوعا كثافته 65كجم/م^{3}عندما تكون نسبة رطوبته 12% .

- **الماهوجنى :** وهذا النوع أسمر مائل للاحمرار ومنه عدة أنواع وهي : ماهوجني كوبا، ماهوجني هندوراس، الماهوجني الأفريقي، االماهوجني الهندي، وكذلك ما يعرف باسم خشب الأطلس.

-**التك :** وهو خشب صلد قاتم اللون يتحمل التقلبات الجوية .

-**الجوز :** خشب صلد متين ولونه بني وبه ثلاثة أنواع : المائل لرمادي، والداكن، والمائل للسمرة الخفيفة [2] .و الشكل رقم(87) صورة لأنواع الأخشاب الصلبة .

[1] - سطاس محمد راتب ، سعود أنور أوس - مواد البناء واختبارها - ديوان المطبوعات الجامعية ، الجزائر ، 1992 ، ص 214 .
[2] - أحمد مصطفى ، المرجع السابق ، ص 61-75.

شكل رقم (87) صورة لأنواع الأخشاب الصلبة بتصرف الباحثة

2.3 - الأخشاب الصناعية

يقصد بالأخشاب الصناعية الألواح التي تستخدم فيها المواد الخشبية (الألياف ، النشارة ، والصفائح أو الرقائق الخشبية زيادة على استخدام القشرة) كمادة خام مضافا إليها مواد لاصقة ويمكن أن ندعوها أيضا بمشتقات الخشب ، وقد تم استحداث هذا النوع من الأخشاب للتقليل من استغلال الغابات ، وتحسين بعض الخواص الميكانيكية وتفادي بعض العيوب كامتصاص الرطوبة والتأثر بالعوامل البيولوجية ، وعن أهم وأشهر أنواعها نجد ما يلي :

1.2.3 - الخشب المتعاكس: هو عبارة عن ألواح مكونة من 3 قطع على الأقل من الخشب ملصقة مع بعضها البعض بزاوية قائمة [1] ، ويعتبر الخشب المتعاكس من أجود الأنواع وأكثرها استعمالا في مجال الأثاث والعمارة والديكور لجماله واستواء سطحه ،كما يعتمد في صناعته على الخشب الطبيعي إذ يمكن أن نحصل على مقاسات أعرض للألواح بإلصاق قطع من الأخشاب مع بعضها البعض [2] .

[1]- Weissenfeld Peter , König Holger - Entretien écologique du bois - Traduction de Denis Griesmar , la plage édition , 2008 , France, p 23

[2] - أحمد مصطفى ، المرجع السابق ، ص 87 ، 88 .

2.2.3 - ألواح الرقائق الخشبية : تتكون ألواح الرقائق الخشبية من رقائق يبلغ سمكها ثلاثة ملليمترات، تم تجميعها بوضع كل طبقة بمحاذاة الأخرى أو بوضع كل واحدة بصورة مائلة على الأخرى بدرجة معينة بحسب نوع اللوح ، والغراء المستخدم هو الفينول ،ويمكن صناعة هذه المواد بأطوال وعرض وسمك أكبر بكثير من الأبعاد التي يمكن أن تتوفر بغيرها من المواد، فسمكها يتراوح مابين 21 و 75 ملليمترًا وقد يصل طولها إلى 23 مترًا وقد يصل عرضها إلى 2.5 متر[1] ، كما يمكن أيضا أن تستعمل في تكسية أو تلبيس الجدران وفي الأسقف .

3.2.3 - الخشب الحبيبي المضغوط : عبارة عن ألواح مكونة من حبيبات مختلفة المقاسات من الخشب المنشور، بحيث تكون المكونات الخشنة في الداخل والدقيقة على السطح ،ويتم خلط هذه النشارة مع مادة لاصقة تتصلد بالحرارة ثم تضغط المكونات وتجفف[2] .

4.2.3 - الأخشاب ذات الطبقات : هي عبارة عن ألواح تصنع من طبقات من القشرة المصفوفة فوق بعضها البعض بعدد فردي (من 3 إلى 11طبقة) بشكل متعاكس ، مع استعمال مادة لاصقة [3] .

5.2.3 - الخشب الليفي : تنتج من ألياف من الخشب أو حزم من الألياف التي لها خصائص فيزيائية وميكانيكية مختلفة بحسب نوع الغراء المضاف والمواد التي تشرب بها حيث نجد ألواح لينة وألواح صلبة [4] ، ومن بين أنواعها نجد خشب MDF (خشب ليفي متوسط) ويتميز هذا النوع بتحمل الرطوبة ما بين 35 % إلى 85 % بدون التغير في الخصائص [5].والشكل رقم (88) صورة عن الأخشاب الصناعية .

[1] - وولفغانغ روسك - عالم فن البناء بالخشب التحديات - المميزات - الحلول - ط 1 ، الصندوق الألماني للنهوض بالأخشاب ، 2007 ، ص 28 .
[2]- Centre de conservation du Québec -Bois et ses dérivés - 2011, p 15 .
[3]- Weissenfeld Peter , König Holger, Op cit , p 21
[4]- Guidoum A - Matériaux de Construction bois - SD , p 27 .
[5] - Centre de conservation du Québec , Op cit , p 10 .

شكل رقم (88) صور عن أنواع الخشب الصناعي بتصرف الباحثة

4 - بنية الخشب

يتكون الخشب من خلايا مختلفة لكل واحدة منها وظيفتها ، ويمكن أن نقسمها إلى :

- خلايا الدعم : وهي التي تمنح للخشب الصلابة وتعطيه خصائصه الميكانيكية .
- الخلايا الناقلة : هي التي تنقل الماء والعناصر الغذائية .
- الخلايا الخازنة : وهي التي تعمل على تخزين المكونات .[1]

1.4 - وظيفة الجذع الرئيسي

1- حمل تاج الشجرة.

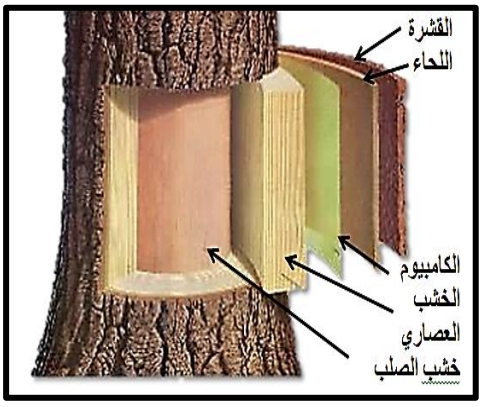
2- نقل الغذاء من خلايا الجذور إلى تاج الشجرة.

3 - تخزين الغذاء في الأجزاء القوية من الشجرة [2].

[1] - Weissenfeld Peter , König Holger ; op cit , p 7 .

[2]- Forest products laboratory - Wood hand book Wood as an engineering material - United stats department of Agriculture , Forest service , Madison , Wiscon , 2010 , p 62.

2.4- مكونات الجذع الرئيسي للشجرة



شكل رقم (89) صورة لمكونات جذع شجرة .
بتصرف

- يتكون من 3 أنواع مختلفة من الخلايا الخشبية متعامدة على بعضها .

-عبارة عن شعيرات أنبوبية متوازية، ومرتبة في الاتجاه الطولي للجذع.

-وهى المسؤولة عن الخصائص الكيميائية والفيزيائية للأنواع المختلفة من الأخشاب.

-أطوال خلايا الخشب 1-8 ملم، مربعة أو مثمنة الشكل في القطاع العرضي [1]، شكل رقم (89) صورة مكونات جذع الشجرة .

5- تكوين الخشب

يتكون الخشب من المكونات الكيميائية وتشمل كل من السليوز، اللجنين، المواد السكرية، ومواد أخرى تبعاً لنوع الخشب ،و المكونات الإنشائية والتي تشمل : القشرة، المادة النباتية، الحلقات السنوية، اللب، والأشعة العضوية.

1.5 – المكونات الانشائية للخشب

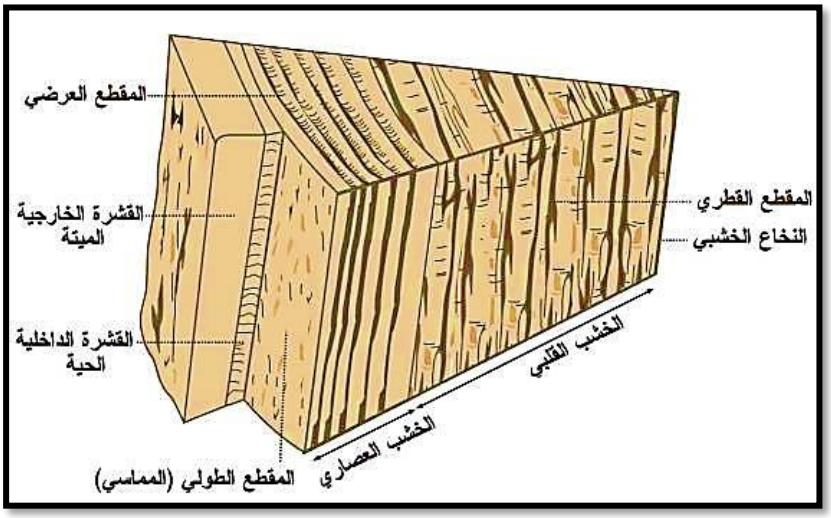
هي عبارة عن مجموعة من الخلايا الميكروسكوبية مستديرة الشكل، والتي تتميز بالقدرة على التكاثر أثناء نمو الشجرة ، ويتكون من مكونات ظاهرية وأخرى مجهرية .

1.1.5 - المكونات الظاهرية للخشب

وهي المكونات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة أو بتكبير صغير حتى 10 مرات ، وهي التي تعطي إمكانية تحديد العلامات الرئيسية للخشب وبتمييز أنواعه ، وكذلك فكرة أولية عن خواصه ، وللتعرف على هذه البنية ينبغي ملاحظة مقاطع للجهات الثلاث للخشب أو من جذع الشجرة [2] . شكل رقم (90) يبين اتجاه المقاطع في جذع الشجرة ومكوناته .

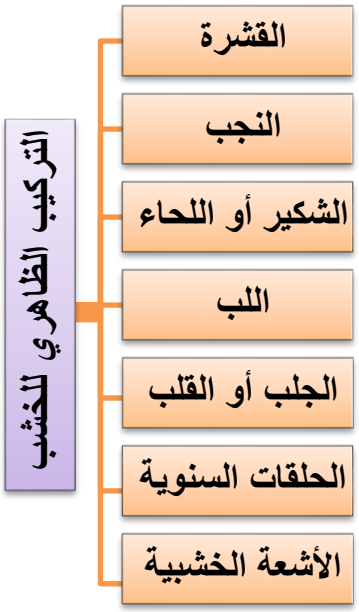
[1]- Forest products laboratory , op cit , p 63.

[2] - سطاس محمد راتب ، سعود أنور أوس ، المرجع السابق ، ص 208 .



شكل رقم (90) اتجاه المقاطع في جذع شجرة
عنhttps://www.arab-ency.com/ar/

- ولكن المعاينة الأكثر استعمالا والتي تعطي نتائج واضحة هي في المقطع العرضي من الجذع الذي من خلاله نتمكن من ملاحظة جميع العناصر المكونة [1] ، وتجدر الإشارة بأن بنية الخشب الصلب مختلفة نوعا ما عن بنية الخشب اللين لوجود الأوعية والقنوات الراتينجية والقصبات وهذا ما يؤدي إلى اختلاف في بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية تبعا لنوعها . شكل رقم (91) يبين مخطط عن المكونات الظاهرية للخشب .



شكل رقم (91) مخطط التركيب الظاهري للخشب . عن الباحثة

[1] - VENET .J , op cit , P 44 .

1.1.1.5 - القطاع العرضي

وهو المستوى الأفقي العمودي على المحور ويقابل القطع الأنابيب القصبية و يبدو الخشب منقطا بسبب تلك الأنابيب أو القنوات و يتكون من:

أولا ـ القشرة

وهي الغلاف الاسفنجي الواقي للخشب ، ويتكون من خلايا ليفية تزداد في السمك سنة بعد أخرى بانضمام طبقات عليها من الداخل ، وتتشقق هذه القشرة عندما تبلغ الشجرة سن الشيخوخة [1] ، وهي تحميها من الحرارة والتأثيرات الضارة والتلف الميكانيكي .

ثانيا ـ النجب

عبارة عن طبقة رقيقة جدا من القشرة، تتكون من حزم من الألياف القشرية الطويلة المرتبطة مع بعضها البعض ، موجهة لتحويل النسغ الناقص من خلال القنوات المخصصة لذلك، وهي الطبقة السفلى من اللحاء [2]، وتكون بين القشرة وبداية طبقة الخشب .

ثالثا ـ الشكير أو اللحاء

هو الجزء الفاتح اللون من المقطع ، عبارة عن طبقة رقيقة حية، ويتألف من خلايا فتية تنقل الماء مع المواد الغذائية المذابة فيه ، وهو ذا رطوبة عالية في الشجرة المقطوعة حديثا ، ويكون سهل التعفن وقليل المتانة وله انكماش كبير [3] ، وهو الخشب العصاري .

رابعا – القلب أو الجلب

توجد هذه الطبقة بين اللب والشكير ، ويمكن أن تكون ذات لون غامق في بعض أنواع الأشجار كالصنوبر والبلوط ، حيث تتحول الأجزاء الداخلية من الشجرة إلى القلب وتنظم انتقال النسغ والماء وتمتلئ بالمواد الدابغة والأصبغة والشموع والراتينجات ، ومنه يصبح الخشب أكثر صلابة وثقلا وأكثر دواما ، ولهذا تعطي هذه المكونات للقلب حماية فعالة من هجوم الحشرات والفطريات [4] ، وهو الخشب الصلب .

---

[1] - محمد حسين صالح - هندسة المباني والإنشاءات الجزء الأول مواد البناء - ط 2 ، مطبعة دار الكتب المصرية ، مصر ، 1930 ، ص 162.

[2] - Fremy M - Encyclopédie chimique – Application de chimie organique Le bois - T X , V^{Ve} CH Dunod éditeur ,Paris , 1890 , p 25 .

[3] -محمد سطاس راتب ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 209 .

[4] - Weissenfeld Peter , König Holger ,Op cit , p7 .

خامسا- اللب أو النخاع

هو الجزء الغامق اللون في المقطع ، يتألف من خلايا ميتة قشرية بمواد صمغية ، وله رطوبة أقل ومقاومة أكبر للتعفن ومتانة وقساوة أكبر[1] .

2.1.1.5 - القطاع المركزي أو القطري

وهو المستوى الرأسي المار بالأشعة أو بنصف قطر الجذع، تقطع الأنابيب القصبية رأسيا كما أنها تتقاطع مع حزم الأشعة النخاعية ، وتعمل كموصل ومخزن للغذاء، وتبدأ من اللب وتنتهي عند القشرة ، ويتكون من :

- الحلقات السنوية تكون على شكل شرائط موازية للمحور.

-الأشعة الخشبية الرئيسية تكون على شكل أشعة خطية مستعرضة [2].

أولا - الحلقات السنوية للأخشاب

تعرف بحلقات النمو وتختلف من حيث العرض على حسب شروط نمو الخشب و بيئته، حتى في نفس النوع ، وعليه فإن عرض الحلقة مهم بالنسبة لنوعية الخصائص الخشبية، وتشمل الحلقة نوعين من الخشب : الخشب المبكر (الربيع) ويتميز باتساع الخلايا والجدران الخلوية الرقيقة ، والأوعية أو القصبات المتسعة وتكون ذات لون فاتح ، وخشب متأخر (الصيف) يمتاز بالخلايا الضيقة السميكة الجدران والأوعية والقصيبات الضيقة [3] ، فتكون أكثر متانة وتراصا وذات لون داكن ، ويمكن التمييز بينها بحسب التراص واللون ، وكلما نمت الحلقة المتأخرة أكثر كلما كانت المقاومة الميكانيكية أعلى [4] .

ثانيا - الأشعة الخشبية

وهى من الصفات الظاهرية الهامة في بعض الأنواع الشجرية والتي تكون فيها الأشعة ظاهرة بالعين المجردة ، والأشعة عبارة عن مكون من المكونات التشريحية للأخشاب الصلدة واللينة ، وهى المكون الأساسي في المقطع العرضي للأخشاب مثل البلوط والزان [5]، حيث تتجه عرضياً من الداخل (النخاع) للخارج (القلف) ، كما تظهر بوضوح في مقطع

[1] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 210 .

[2] - Forest products laboratory , Op cit , p 64.

[3] - إبراهيم محمد عبد الله ، المرجع السابق ، ص 52 .

[4] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 211 .

[5] - ماري بيردوكو - الحفظ في علم الأثار الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية - ترجمة محمد أحمد الشاعر ، المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية ، القاهرة ، 2002 ، ص 319 .

نصف قطري عن طريق اتجاهها المتعامد على اتجاه الألياف الأخرى [1] ، ووظيفتها التوصيل في الإتجاه القطري والتخزين وتعتبر الأشعة وسيلة للتمييز بين الأنواع الخشبية ، ولها أهمية إذ تعطى للأخشاب مظهراً جمالياً عند قطعها حيث تستعمل في صناعة القشرة الفاخرة في الأثاث وتغطية الأخشاب ، كما تلعب الأشعة دوراً هاماً في تحديد سلوك الخشب في الانكماش والخواص الميكانيكية للأخشاب [2] .

3.1.1.5 - القطاع المماسي

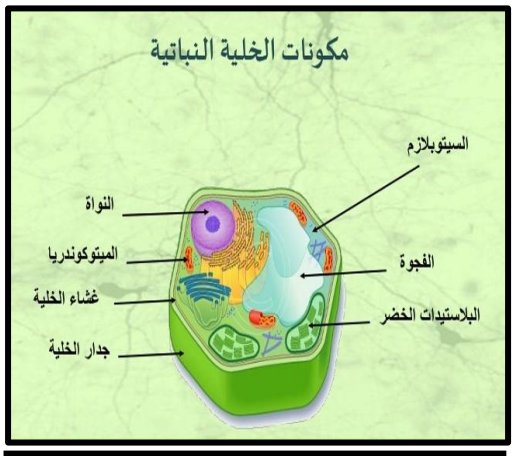
هو المستوى الرأسي الموازي لألياف الجذر والعمودي على الأشعة النخاعية، إن الأنابيب القصبية الرأسية تقطع رأسية وتبدو كخدوش طويلة وفى بعض أنواع الخشب تبدو الأنابيب واضحة وتتكون من :

-الحلقات السنوية تكون على شكل خطوط مموجة منحنية.

-الأشعة الخشبية الرئيسية المقطوعة تكون بشكل قائم، وتكون على شكل خطوط داكنة مغزولة [3] .

2.1.5 - المكونات المجهرية للخشب

يتميز الخشب ببنيته الصغيرة التي تمثلها الخلايا بمختلف أنواعها، والتي لا يمكن التعرف عليها أو دراستها إلا من خلال عملية تكبيرها، فعند ملاحظتها بالميكروسكوب نجدها تحتوي على عدد كبير من الخلايا الميتة والحية، بأشكال وأبعاد مختلفة فالخلية الحية تتكون من غلاف و الجِّبلة الأولى ، النسغ و النواة [4] . شكل رقم (92) مكونات الخلية النباتية



شكل رقم (92) مكونات الخلية النباتية .
https://www.kids.almo7eb.com

[1] - ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 319 .
[2] - مجهول ، محاضرات عن الأخشاب ، ص 87
[3]- VENET .J , op cit ,p 80
[4] - Gérard K. -La fabrication du bâtiment, les gros œuvres - édition Eyrolles, Paris, 1997, p. 412.

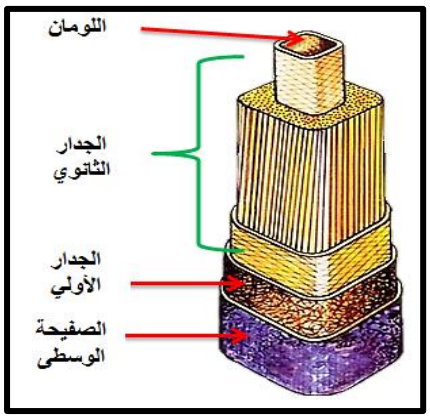
- **جدار الخلية**

أولا : تركيب جدار الخلية

يتكون جدار الخلية من مواد غير حية تفرز من قبل البروتوبلاسبت ، ويحيط بالبرتوبلاست . وبالتحديد من قبل الدكتيوسومات ويتكون الجدار الخلوي من ثلاثة أجزاء هي:

- الصحفية الوسطى

المادة الخلوية التي تربط بين الخلايا ، وتتكون من مواد بكتينيية) بكتات الكالسيوم أو المغنسيوم (كما قد تضاف إليها مادة أللجنين في الأنسجة الخشبية.



شكل رقم (93) مخطط التركيب لجدار الخلية بتصرف

- الجدار الابتدائي

هو اول جدار يتكون في الخلايا المرستيمية ، ويتكون من السليولوز والهيميسليلوز ،الشكل رقم (93) تركيب جدار الخلية وقد يدخل اللجنين أو السيوبرين أو الكوتين في تركيبة ، وذلك في الخلايا البالغة . ويعد الجدار الأساسي في الخلية النباتية ، وقد يظل الجدار الوحيد في حياة الخلية البالغة . وقد يكون رقيقا أو سميكا.

- الجدار الثانوي

تترسب مادة الجدار الثانوي بعد نضج الخلية وتوقفها عن النمو فوق الجدار الابتدائي باتجاه فراغ الخلية . والجدار الثانوي لا يغطى تماما الجدار الابتدائي، بل يترك مسافات معينة تسمى بالنقر. وتتكون مادة الجدار الثانوي من السليولوز و الهيميسليلوز ، ويدخل اللجنين عادة في تركيبة [1] .

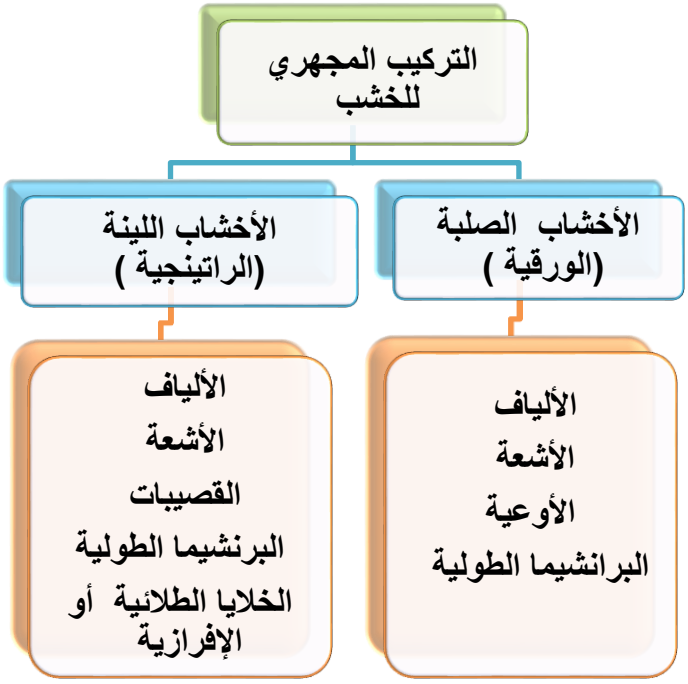
ثانيا : النقر

هي تجاويف أو انخفاضات في الجدار الابتدائي والثانوي إن وجد للخلية النباتية ، وغالبا ما تسمى بالحقول المقرية الابتدائية في حالة الجدار الابتدائي حيث توجد بإعداد كبيرة ، ويتخللها عدد كبير من الروابط السيتوبلازمية ، مما يجعل الجدار الابتدائي ذا شكل سبحي

[1]- ماجدة التويجري ، حصة المسعودي – مورفولوجيا تشريح النبات - جامعة أم القرى ،قسم الأحياء ، المملكة العربية السعودية ، 1438 – 1439 ، ص 7،8 .

في المقطع العرضي أو الطولي للخلية. والنقرة لا تخترق الصحيفة الوسطى . وتفتح في فراغ الخلية بفتحة غشاء النقرة ويحد النهاية الأخرى لجوفيها ، النقرة المتكون من الصحيفة الوسطى وطبقة رقيقة من الجدار الابتدائي على كلا من جانبي الصحيفة . وتتكون النقر عادة في أزواج متقابلة في الخلايا المتجاورة[1]

- تختلف المكونات المجهرية على حسب نوع الأشجار إذ نجد بعض الخلايا في الخشب الراتينجي ولا نجدها في الخشب الورقي كوجود الأوعية ، والخلايا الطلائية . الشكل رقم (94) مخطط المكونات المجهرية للخشب .



شكل رقم (94) مخطط التركيب المجهري للخشب الصلب واللين . عن الباحثة .

1.2.1.5- الألياف

هي خلايا تمتد طوليا ويختلف طولها وتركيبتها الكيميائية بحسب مكان وجودها إما في القشرة أو داخل الخشب ، واتحاد الألياف مع بعضها يشكل نسيجا يدعى البروزانشيم ، وتكون مغلقة ومستدقة النهايات أو مشقوقة أو بها ثقوب ووظيفتها التدعيم ،والتركيبة

[1] - ماجدة التويجري ، حصة المسعودي ، المرجع السابق ، ص 9.

الكيميائية للألياف الخشبية شبيهة بتركيبة الأوعية النخاعية ، بحيث يتكون من مادتين أساسيتين مادة غير قابلة للذوبان مكونة من حمض الكبريتيك وهي إيكزوفيبروز ، والمادة التي تذوب هي التليفات ونسبة هذه المواد تختلف تبعا لنوع وعمر الأشجار [1] ، و هناك اتجاهات مختلفة و كثيرة لألياف الخشب، و منها:

أولا - الألياف المستقيمة :هي تلك الألياف ذات الاتجاه المحوري المتوازي، تتميز بقدرة كبيرة على التحمل كما أنها تمتاز بالثبات على مر الزمن ، فنلاحظ أن شريحة منها تنكمش أثناء عملية التجفيف بطريقة منتظمة و متساوية، و نظرا لمقاومته العالية و مرونته فهو أصلح الأنواع للأجزاء البنائية سواء في الأعمال الإنشائية أو في الأثاث و النجارة خاصة الأجزاء التي تقع عليها أحمال كبيرة مثال :كمرات أو روافد الأسقف و الدعائم[2].

ثانيا - الألياف الملتوية :نجدها في شرائح الخشب التي تتقاطع أليافها بعضها مع بعض بطول الشريحة كلها .ستظهر في الشريحة سواء من الجانب أو من السطح أن أليافها على شكل حرفS ، بحيث حزمة من الألياف تتخذ اتجاه معاكس تماما لحزمة أخرى من الألياف .هذا الخشب لا يصلح أن يستعمل ككتل في الأعمال الإنشائية و ذلك للأسباب الآتية:

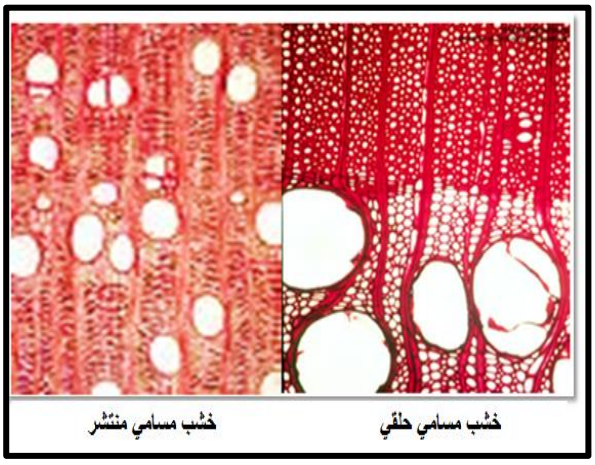
- حزم الألياف المتعاكسة تفقد تماسكها و بالتالي صلابتها.
- صعوبة كبيرة في التشغيل .
- ينفتل الخشب و يلتوي و يتشقق أثناء التجفيف .[3]

ثالثا - الألياف المتموجة :و هذه الحالة متوسطة بين النوعين السابقين فلها التأثير الزخرفي الجميل بشكل لا يفقد صلابتها، و ألياف هذا النوع على شكل موجات منتظمة تكاد تكون متوازية مع بعضها بشكل دقيق، تلك الأمواج تميز بعض أنواع الخشب، و إن اعتبرت في الحالات الأخرى عيوبا في أخشاب الكتل إلا أن قشرتها تعتبر من الأصناف القيمة [4].

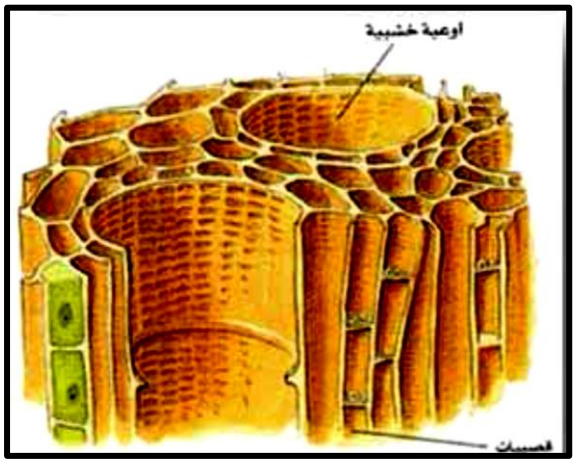
[1] - Fremy M , Op cit , p 17 .
[2] - VENET .J , op cit , p p 248-249.
[3]- Ibid , p 257.
[4] - Bermpohl R , Winkelmann H , chevalley G - technologie du bois - Ed Spes SA , Lausanne , 1969, p 29.

2.2.1.5 - الأوعية

وهي المسام ولذلك تسمى الأخشاب الصلدة باسم الأخشاب المسامية ، والوعاء عبارة عن تراكيب أنبوبية متراكبة وغير محددة الطول تتصل داخلياً من خلال الصفائح المثقبة وجانبياً بين وعاء وآخر من خلال النقر ، ووظيفة الأوعية التوصيل وتظهر في القطاع العرضي في شكل دوائر متسعة الفراغ (أوعية خشب الربيع) أو ضيقة الفراغ (أوعية خشب الصيف) ، وتنقسم الأخشاب الصلبة إلى خشب مسامي حلقي أو مسامي منتشر أو نصف منتشر[1] ، وتنقسم الأوعية إلى أنواع مختلفة تبعا لنوع التغليظ ، حيث نجد الأوعية الحلزونية والحلقية ، الشبكية والسُلمية والمنقرة [2].شكل رقم (95) قطاع عرضي في خشب مسامي حلقي ومنتشر، والشكل رقم(96) رسم تخطيطي للأوعية الخشبية .



شكل رقم (95) قطاع عرضي في خشب مسامي حلقي وآخر منتشر .
عن رمضان ناصر بتصرف



شكل رقم (96) رسم تخطيطي للأوعية الخشبية .
بتصرف

3.2.1.5 - البارانشيما الطولية

وهي خلايا تمتد طولياً وهي رقيقة الجدران وظيفتها التخزين ، وقد تكون مصاحبة للوعاء أو غير مصاحبة للوعاء وهي من العلامات التصنيفية الهامة ، وغالبا ما تحتوي على مواد

[1] - VENET .J , op cit , pp 85 , 88 .

[2] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 90 ، 91 .

مستخلصة في الأخشاب اللينة ، كما نجد أيضا برانشيما الأشعة وهي التي تتقاطع مع القصيبات الطولية لتشكل النقر النصف المصفوفة [1] .

4.2.1.5 - الأشعة الخشبية

وهي خلايا بارانشيمية رقيقة الجدر حية تمتد عرضياً أو قطرياً من النخاع للقشرة ، ووظيفتها التوصيل في الاتجاه القطري والتخزين ، تكون عادةً أحادية أو ثنائية أو عديدة الصفوف ، وتظهر هذه الأشعة في القطاع الطولي المماسي في صورة خلايا تشبه نهايات الأصابع [2] .

5.2.1.5 - القصيبات

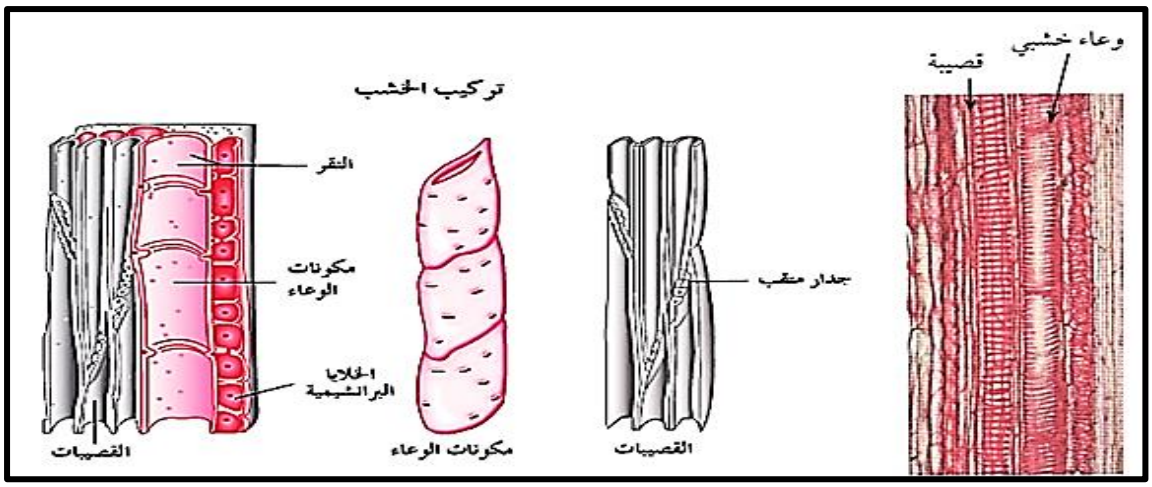
هي من الخلايا المميزة للأخشاب اللينة ، وهي عناصر ميتة كالأوعية لا تحتوي على البروتوبلاست (النواة مع البروتوبلازم) ، وتغليظها لجنيني وهي مستطيلة الشكل ومدببة الأطراف ، ذات فجوة وسطية واسعة ، أطرافها أقل تدببا من الألياف وأقصر منها طولا ولكنها أعرض منها ، وهي موجهة للقيام بوظيفة التوصيل ، كما تلعب جدرانها الغليظة والمتينة دورا تدعيميا ، ويكون تغلظ جدران القصيبات على أشكال متعددة منها الحلقي والحلزوني في الأجزاء النامية ، أما التي تنشأ بعد ذلك فتكون ذات تغلظ شبكي ، وهناك القصيبات ذات التغليظ المنقر ، ويتراوح طول القصيبة بين 2 – 4 ملم وقطرها بين 0.15 – 0.1 ملم ، أما سمك الجدران فهو بين 10 – 50 % [3] ، وتمثل القصيبات ما نسبته 95% من تكوين الخشب ويمكن أن يصل طولها حتى 7 ملم ، وتحوي تنقيط بشكل هالات أو نصف هالات والذي يكون في القنوات الدقيقة أو في القصيبات حيث يسمح بحركة السوائل ، وينتج التنقيط عن انكماش الجدارين [4] . و الشكل رقم (97) تركيب الخشب ومكونات الوعاء والقصبات

[1] - محمد عبد الله إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 54 .

[2] - Hoadley Bruce ,op cit , pp 40, 41.

[3] - محمد عبد الله إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 63 .

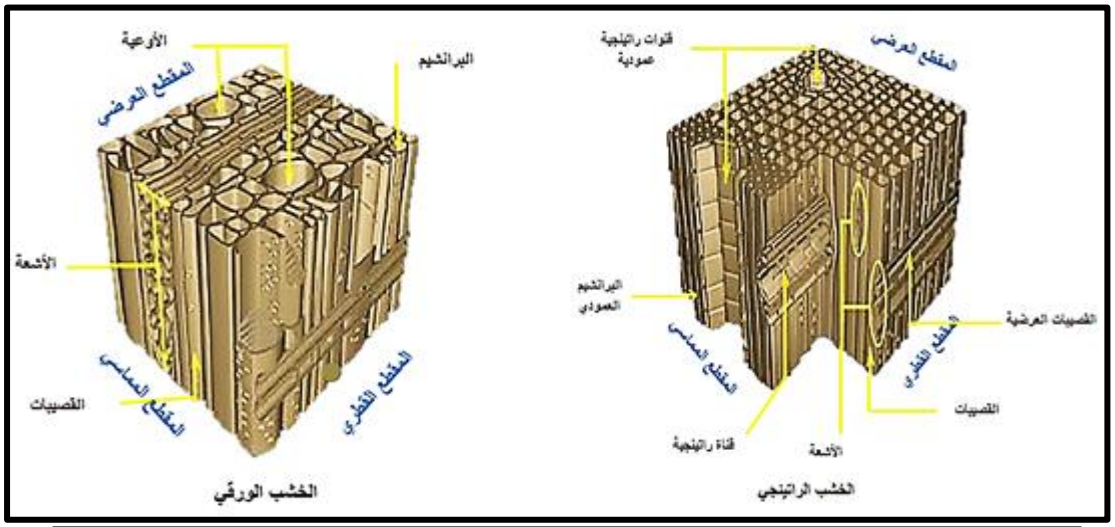
[4] - ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 321 .



شكل رقم (97) تركيب الخشب ومكونات الوعاء والقصيبات . بتصرف

6.2.1.5 - الخلايا الطلائية أو الراتينجية

وهى خلايا بارانشيمية رقيقة الجدر غير منتظمة الشكل مختلفة الحجم تمتد طولياً موازية للمحور الطولي للشجرة وتحيط عادةً بفراغ أو قناة وتظهر بالقطاع العرضي ويسمى بالقناة الراتنجية الطولية [1] ، توجد هذه القنوات أساسا في القطاع العرضي ولكنها توجد أيضا في القطاع القطري داخل الأشعة الخشبية ، كما قد نجد أيضا قنوات راتينجية ناتجة عن الحوادث كالجروح مثلا [2] . شكل رقم(98) يبين رسم تخطيطي للمكونات المجهرية لخشب راتينجي وورقي .



شكل رقم (98) رسم تخطيطي للمكونات المجهرية لخشب راتينجي وورقي .
بتصرف

[1] - محمد عبد الله إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 55 .

[2] - VENET .J , op cit , pp 97,98 .

3.1.5 - نسيج الخشب

نعني بهذا التعبير نوعية أو طبيعة التكوين لألياف الخشب و هي التي ترجع إلي خواص النمو التي تختلف من نبات إلى آخر.

1.3.1.5 - أخشاب ذات نسيج ضيق

تكون فيها الأشعة النخاعية ضيقة جدا و القنوات القصبية و الأوعية دقيقة جداً، و هي أخشاب سهلة التشغيل في جميع اتجاهات الألياف، و من تلك الأنواع :الكمثري -التفاح -الأرو[1].

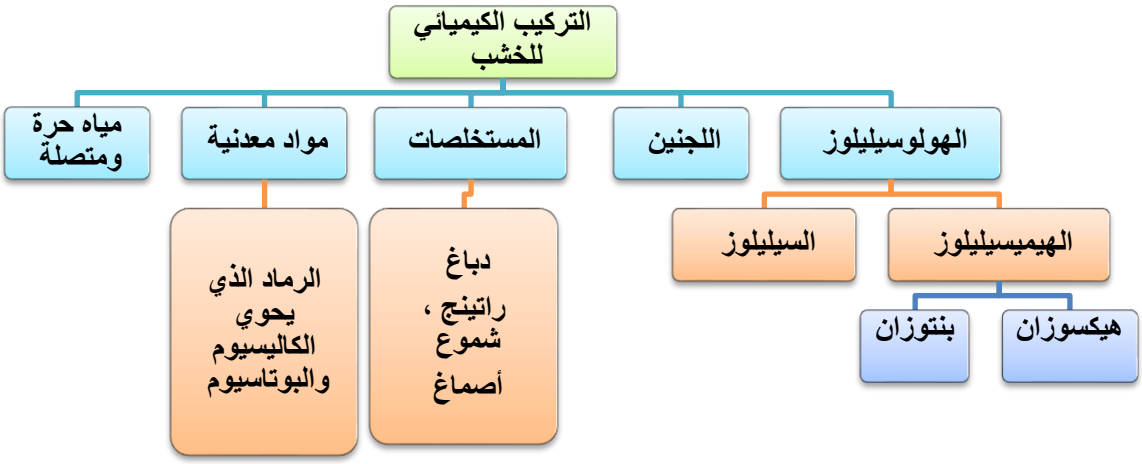
2.3.1.5 - أخشاب ذات نسيج واسع

تكون أليافها واسعة و غالبا ما تكون ملتوية و خشب الربيع فيها يحتوي على قنوات قصبية واسعة و غير منتظمة و الخلايا عريضة و لذلك هي أخشاب يصعب تشغيلها في بعض الأحيان، ومنها :الأرو -الخرنوب روبينيا [2].

2.5 - التكوين الكيميائي للخشب

يتكون الخشب من مواد كيميائية عضوية أساسية مثل السليلوز الذي يقوم بدور الهيكل البنائي للنسيج الخشبي والهيميسليلوز كمادة مالئة ، أما اللجنين فهو المادة اللاصقة المدعمة التي تجمع مواد الخشب مع بعضها البعض وتمنحه التماسك والصلابة ، إضافة إلى نسبة صغيرة من المواد غير العضوية كالكاليسيوم والماغنيزيوم والبوتاسيوم ، كما نجد أيضا محتويات أخرى تتمثل في المستخلصات مثل : الشموع ،الراتينجات والزيوت العطرية والمواد الدبغية [3] . و الشكل رقم (99) مخطط لتركيب الكيميائي للخشب .

[1] - مجهول ، محاضرات الأخشاب ، ص 67 .
[2] - نفسه ، ص 67 .
[3] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 90 ، 91



شكل رقم (99) مخطط التركيب الكيميائي للخشب .
Omar Akchiche , Recueil de manipulations de chimie du bois et de la cellulose, 2009 بتصرف الباحثة

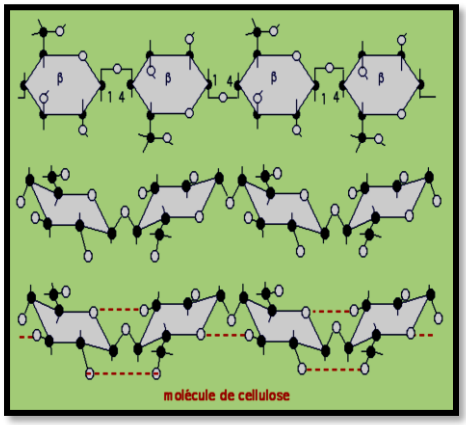
1.2.5 – الهلوسليلوز

وهو مزيج من مركبات السليلوز والهميسليلوز ، وهو البقايا الصلبة من إزالة اللجنين، والذي يتم بإضافة كلوريت الصوديوم للخشب ، والذي يؤدي إلى جعل الوسط حامضيا وفي وجود والكلور وحامض الكلور وثنائي أكسيد الكلور ، تحدث أكسدة للأجزاء الفينولية وغير الفينولية من اللجنين، مما يؤدي إلى إزالة البلمرة فتصبح قابلة للذوبان في وسط التفاعل [1] .

1.1.2.5- السليلوز

السليلوز هو عبارة عن بوليمار طبيعي غلوسيدي خطي يتكون من ألاف من الوحدات المتماثلة مرتبطة مع بعضها بروابط غلوسيدية ، وله إمكانية تشكيل روابط هيدروجينية جزيئية وبين جزيئية ، ومن خلال عملية كيميائية معقدة يتكون خلالها وحدات من الجلوكوز الإندريدى بارتباط وحدات الجلوكوز مع بعضها البعض ، وفقد جزيئات ماء من كل وحدة جلوكوز ، وترتبط وحدات الجلوكوز الأندريدى معاً بروابط جليكوسيدية من النوع بيتا 1-4 لتكوين بوليمر طويل السلسلة يعرف باسم السليلوز ورمزه الكيميائي $(C_6H_{10}O_5)_n$ حيث n هي درجة البلمرة وتكون فوق 1000 وحدة [2] .

[1] - Letellier Maxime , Fleurent Didier Valérie - Caractérisation chimique , physique et mécanique de pieux anciens - Université Lorraine , 2011 – 2012 , p 6 .
[2] - Omar Akchiche - Recueil de manipulations de chimie du bois et de la cellulose - Office des publications Universitaire , Alger , 2009 , p35 .



شكل رقم (100) التمثيل الكيميائي لجزيء السليلوز .

يتكون كل جزيء من ثلاث مجاميع هيدروكسيل حرة (OH) على كل وحدة جلوكوز أندريدى ، وهي موزعة على ذرات الكربون رقم 2 و 3 و6 ولهذه المجاميع القدرة على الدخول في التفاعلات الكيميائية ، وتشكيل روابط هيدروجينية والتي تلعب دورا أساسيا في الخواص الفيزيائية للسليلوز ، شكل رقم (100) يوضح التمثيل الكيميائي لجزيء السليلوز ، وقبل أن يصبح السليلوز جزءاً من الجدار الخلوي فإن سلاسل جزيئات السليلوز الطويلة تترتب في صورة حزم من جزيئات السليلوز ، والتي تكون موازية لبعضها البعض وتصبح هذه الحزم السليلوزية محاطة بجزيئات من الهيميسليلوز ذات الوزن الجزيئي المنخفض ، لتكون وحدات كبيرة تعرف باسم الميكروفيبرلات التي تشكل طبقات الجدار الخلوي للخلية الخشبية [1] ،و ميكروفيبريلات السليلوز هو العنصر الأساسي للألياف السليلوز ، والذي تشكل خلال التركيب الضوئي من سلاسل من بولي الجلوكوزيل (1-4) -D- التي تتحد لتشكيل الألياف، الذي يتوافق مع تجميع الجزيئات واستقرارها أفقيا بواسطة روابط هيدروجينية بين الجزيئات ، وتنتظم سلاسل السليلوز بصورة موازية لبعضها البعض في مناطق تسمى بالمناطق البلورية وتكون غير منتظمة في مناطق أخرى ، وزيادة نسبة المناطق البلورية يزيد من صفات المتانة للألياف السليولوزية[2] .

أولا ـ خواص السليلوز

- غير قابل للذوبان في الماء البارد أو الساخن ولا في المذيبات العضوية لانتظامه في التركيب الليفي وروابطه الهيدروجينية .

[1] - Granström Mari - Cellulose derivatives synthesis , properties and applications - Academic dissertation , Helsinki , 2009 , p p 12 , 13 .
[2] - Olivier Paras - Utilisation de cellulose pour l'élaboration de matériaux photo luminescents ou conducteurs - Thèse doctorat , Université de Grenoble , 2011 , p 29- 30.

- لايذوب في القلويات والأحماض الضعيفة ، بينما ينتفخ في القلويات ذات التركيز العالي ، ويتحلل إلى جلوكوز بواسطة حمض الكبريتيك المركز و حمض الهيدروكلوريك وحمض الفوسفوريك عند درجة حرارة عالية .
- يفقد السليلوز متانته وقوته ويتفحم عند درجة حرارة أعلى من 150° م [1].
- يمكن لبعض الكائنات البيولوجية أن تذيب السليلوز بواسطة افرازها لأنزيمات خاصة .

ثانيا ـ مشتقات السليلوز

نتيجة وجود 3 مجاميع هيدروكسيل حرة على كل وحدة جلوكوز أندريدي في سلسلة السليلوز، فإن التفاعلات تتم عن طريق الاستبدال ، وينتج عن ذلك مشتقات سليلوزية تشمل الإيثرات أو الأسترات ، تتكون الأولى بتفاعل السليلوز مع القلويات والثانية بتفاعل السليلوز مع الأحماض [2] .

ومن الإسترات غير العضوية للسليولوز والناتجة عن تفاعل السليولوز مع الأحماض غير العضوية (المعدنية) ما يلي : نترات السليلوز ، كبريتات السليلوز ، فوسفات السليلوز وله خواص معوقة للهب.

أما الإسترات العضوية للسليلوز فتنتج من تفاعل السليلوز مع الأحماض العضوية وخلات السليلوز ، ويتم تحضير خلات السليلوز بمعالجة اللب الخشبي بحامض الخليك أولاً في وجود عامل مساعد (حامض الكبريتيك عادة) ، والهدف من هذه المعالجة الأولية هو إحداث انتفاخ للألياف السليلوز ، ولزيادة نشاطها ولخفض درجة البلمرة إلى المستوى المناسب ، بعد ذلك تتم عملية الأستلة بإضافة أندريد حامض الخليك وحامض الكبريتيك كعامل مساعد في وجود حامض الخليك [3].

2.1.2.5 – الهميسليلوز

يختلف تركيب وبناء الهميسليلوز في الأخشاب اللينة عن الأخشاب الصلدة ، كما تكون هذه الاختلافات في الكمية والتركيب بين خشب الساق والفروع والجذور والقشرة [4] ، وينتمي الهيميسليلوز إلى عديدات التسكر وهي بوليميرات متفرعة وغير متجانسة ، وله دور في

[1] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 95 .

[2] -Granström Mari , Op cit , p 22 .

[3] - Ibid , pp 41 – 44 .

[4] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 96 .

تحقيق الربط بين السليلوز واللجنين وتمثل ما نسبته 20 % من مجموع المواد المكونة للخشب ، كما أنها قليلة الثبات تجاه الأحماض والقلويات [1] .

ومعظم الهيميسليلوزات لها درجة بلمرة لا تزيد عادة عن 200 وحدة وبعضها يكون متفرع بدرجة كبيرة وقابل للذوبان في الماء مثل الإفرازات الصمغية .

أولا - هيميسليلوزات الأخشاب اللينة

يعتبر الجلاكتوجلوكومنان أهم هيميسليلوزات الأخشاب اللينة حيث تصل النسبة إلى حوالى 20% ويتكون من سلسلة مستقيمة أو متفرعة نوعاً من وحدات من سكريات الجلوكوز والمانوز مرتبطة معاً بروابط جلوكوسيدية من النوع بيتا 1-4 مع نسبة من سكر الجلاكتوز[2].

وهناك نوعاً آخـــر من الهيمسليلوزات في الأخشاب اللينة وهو الأرابينوجلاكتان والذى يتواجد بكميات كبيرة في خشب القلب لأشجار اللارش وهو قابل للذوبان في المـــاء ، ويوجد في الفراغات الخلوية للقصيبات ويتكون من وحدات من الجلاكتوبيرانوز مرتبطة على طول السلسلة بروابط بيتا 1 – 3 وكل وحدة في السلسلة تحمل أذرعا أو تفرعات جانبية من سكريات الجلاكتوز والأرابينوز مرتبطة برابطة 1-6 مع السلسلة الرئيسية [3] .

ويعتبر التركيب العالي التفرع المسؤول عن اللزوجة المنخفضة والذوبان العالي في الماء لهذا النوع من الهيميسليلوزات في الأخشاب اللينة ، ولذلك فهو قابل للذوبان في الماء خلال عمليات استخلاص الخشب بالماء الساخن، ودرجة البلمرة لهذا البوليمر تتراوح بين 200 – 600 وحدة وهناك عديدات تسكر أخرى في الأخشاب اللينة ولكن توجد بكميات قليلة جداً وهذه تشمل النشاء والبكتين [4].

ثانيا - هيميسليلوزات الأخشاب الصلبة

يعتبر الجلوكورونوزيلان والذى يعرف اختصارا بالزيلان هو المكون الأساسي لهيميسليلوزات الأخشاب الصلدة وتتراوح نسبته بين 15 - 30% مقدرة على أساس الوزن

[1] - دوني بيبونيه ، المرجع السابق ، ص 29 .

[2]- Christiane Laine - Structures of hemicelluloses and pectins in wood and pulp - Oy Keskuslaboratorio , Finland , 2005 , p 15 .

[3]- Ibid , p 16 .

[4]- Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin - Chimie du bois - Presses polytechniques et universitaires romandes , Italie , 2009

الجاف للخشب وتتراوح درجة البلمرة له بين 100-300 ويتكون هذا البوليمر المتفرع من وحدات من سكر الكزيلوز الخماسي مرتبطة معاً على طول السلسلة بروابط بيتا 1 -4 ومعظم وحدات الكزيلوز تحتوى على مجاميع خلات عند ذرة الكربون رقم 2 أو ذرة الكربون رقم 3 (حوالى 7 مجاميع خلات لكل 10 وحدات من الكزيلوز) [1] .

وإلى جانب وجود الزيلان كأهم هيميسليلوز في الأخشاب الصلدة نجد أنها تحتوى على بوليمر الجلوكومنان بنسبة تتراوح بين 2-5% ويتركب الجلوكومنان من وحدات من سكر الجلوكوز ووحدات من سكر المانوز مرتبطة معاً بروابط جلوكوسيدية بيتا 1-4 هذا وتختلف نسبة الجلوكوز إلى المانوز تبعـاً لنوع الخشب [2] .

2.2.5 - اللجنين

هو بوليمـــر معقد التركيب ذو وزن جزيئي عالي ويتكون من بلمرة أو تكثف لثلاث كحول رئيسية من الفينايل بروبان مرتبطة براوبط C-O-C أو C-C ، ويمكن أن يتعرض إلى نزع الهيدروجين بواسطة الانزيمات ، ويتكون لجنين الأخشاب الراتينجية من جزيئات من الغواسيل بروبانول والذي عند تأكسده يتحول إلى فانيلين [3]، أما لجنين الأخشاب الورقية يتكون من مزيج من الغواسيل والسرينغيل والذي عند تأكسده يتحول إلى فانيلين و سيرينغ ألدهيد ، ويعتبر اللجنين قابلا للتفاعل مع المحاليل القلوية القوية ليشكل الفينولات التي تذوب في الماء [4] .

ويوجد اللجنين في كل من الجدار الابتدائي – الصفيحة الوسطى – والجدار الثانوي ، وهو الذي يوفر المتانة للجدار الخلوي ، كما يوفر القوة الميكانيكية والحماية لنسيج ساق الشجرة ، ويؤدي اللجنين دورا هاما في صلابة وتماسك ألياف الخشب كما أنه يقلل من تأثر الخشب بالماء لأنه مادة غير هيجروسكوبية ، فهو لا يذوب في الماء ، لكنه حساس للقلويات ويذوب في بعض المذيبات مثل : الفورماميد ، وثنائي كلوريد الفورماميد وثنائي كلوريد الاثيلين ، كما أنه يتأكسد ببطء معطيا أحماضا أروماتية(عطرية) ويتأكسد ويتكسر بفعل الأنزيمات [5] .

---

[1] - Christiane Laine , Op cit , p 18

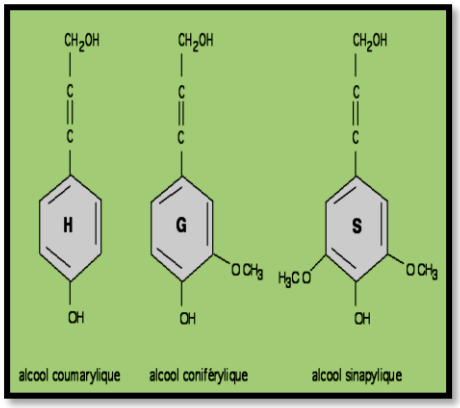
[2]- Ibid , p 19 .

[3] - Omar Akchiche , Op cit , P 41 , 42 .

[4]- Ibid , Op cit , P 41 , 42 .

[5] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 97 .

1.2.2.5- التركيب الكيميائي للجنين



شكل رقم (101) التركيبة الكيميائية للكحول المكونة للجنين

يختلف تركيب اللجنين في الأخشاب اللينة عن تركيبه في الأخشاب الصلدة ، فبينما نجد أن اللجنين في الأخشاب اللينة يتكون من وحدات الجواياسيل بروبان فقط ، نجده يتكون في الأخشاب الصلدة من وحدات الجواياسيل بروبان بالإضافة إلى وجود وحدات السيرانجيل بروبان التي تزيد من نضج الخشب [1]، شكل رقم (101) يمثل التركيب الكيميائي للكحولات المكونة للجنين .

و هذا التركيب له تأثير هام على الروابط المتقاطعة داخل البوليميرات نتيجة تفاعلات الجذور الحرة ، لذلك فإن اللجنين المحتوي على الغواسيل والهيدروكسيل يكون غنيا بالروابط المتقاطعة أكثر من جزيئات السرينغيل ، ولهذا السبب فإن اللجنين في الأخشاب الصلبة له تركيب يتلف بسهولة أكبر منه في الأخشاب اللينة [2].

3.2.5 - المستخلصات الخشبية

بالإضافة إلى المكونات الكيميائية الأساسية للجدار الخلوي توجد مواد ثانوية تسمى المستخلصات الخشبية ، والتي تشمل الراتينجات ، التربينات (خاصة في الأخشاب اللينة) ، مواد فينولية ، مواد تانينية (حامض الجاليك) ، الأصماغ ، الأصباغ ،الأحماض الدهنية ومعظم هذه المواد تتواجد أساساً في منطقة خشب القلب. [3]

والمستخلصات الخشبية هي المسؤولة عن لون ورائحــة وطعم الخشب ، ومقاومته الطبيعية للتحلل بواسطة الفطريات والحشرات، وهذه المواد أيضا تؤثر على كثافة الخشب وثبات أبعاده ضد التغيرات في الرطوبة المحيطة به (الانكماش والانتفاخ) ، كما تؤثر في نفاذية ومسامية الخشب وسرعة عملية التجفيف وبطئها [4].

---

[1] - Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin , Op cit , p p 148-150.

[2] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص 96 .

[3]- Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin , Op cit ,p 155.

[4] - Hawley L.F , Louis E.Wise - The chemistry of wood - American chemical Society , The chemical catalog company .Inc , New york , 1926, P 27.

والمستخلصات الخشبية يمكن فصلها بواسطة المذيبات العضوية المتعادلة مثل الماء والكحول والبنزين والإيثر والكلوروفورم ، وغالباً ما يستخدم أكثر من مذيب واحد حتى يمكن استخلاص جميع المستخلصات الموجودة في الخشب أو القلف ،وكذلك يمكن فصل بعض المواد من الخشب أو القلف بعملية التطاير مع البخار كما في حالة الزيوت الطيارة، وأيضا يمكن إزالة بعض المستخلصات بالمعالجة بالقلويات المخففة مثل محلول الصودا الكاوية [1].

1.3.2.5 - أماكن وجود المستخلصات في الخشب

بصفة عامة توجد المستخلصات بصورة طبيعية في الأشعة الخشبية والبارنشيما في خشب القلب أما الخشب العصاري فقد يحتوى على القليل من هذه المواد [2] ، يمكن أن توجد المستخلصات في الأوعية والألياف ، وفى بعض الحالات توجد في خلايا خاصة مثل جيوب الكينو في أخشاب الكافور والقنوات الراتنجية في أخشاب بعض المخروطيات.

وتوجد المستخلصات بكميات كبيرة في بعض أنواع الأخشاب ، فعلى سبيل المثال يحتوى خشب القلب لخشب الكافور على نسبة من المستخلصات تتراوح بين 30-40% [3]، تتواجد المستخلصات في الفراغات الخلوية كما تغطى الجدار الخلوي وعلى النقر وفى هذه الحالة تؤثر على نفاذية وتغلغل السوائل داخل الخشب [4].

بالإضافة إلى المستخلصات التي تتواجد طبيعيًا في الخشب ، فهناك المستخلصات التي تتكون في الخشب العصاري عند جرح الشجرة أو عند إصابتها بالحشرات أو الفطريات أو عند تعرض الشجرة للحريق ، فعلى سبيل المثال عند جرح أشجار الأكاسيا تتكون إفرازات صمغية كرد فعل لهذا المؤثر الخارجي وكذلك عند جرح بعض الأشجار مثل بعض أنواع الكافور يتكون سائل يجف ويتحول إلى اللون الأحمر الدموي أو البنى المحمر ويتركب من عديدات الفينول ويعرف بإسم الكينو ، أما في الأشجار المخروطية مثل أشجار الدوجلاس فيتكون مخلوط من الزيوت الطيارة والراتنجات يعرف بإسم (راتنج الإليو) [5].

---

[1] - Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin , Op cit ,p 157-162.

[2] - رمضان ناصر ، التركيب الكيميائي للأخشاب المرجع السابق ، ص 82.

[3] - نفسه ، 82 .

[4] - نفسه ، ص 82.

[5] - نفسه ، ص 82 .

4.2.5 – المواد المعدنية (الرماد) يحتوي الخشب على ما مقداره من 0.1 إلى 0.5 % من وزنه من الرماد ، ويتكون من الكالسيوم ، البوتاسيوم والمغنيزيوم ، أما السليكا في الرماد فقد تصل نسبتها إلى 2 % أو أكثر [1] .

5.2.5 – الماء الحر والمرتبط

يوجد الماء في الخشب المقطوع حديثا داخل الجدار الخلوي وفي الفراغات الخلوية ، وعند تجفيف الخشب خلال الصناعة فإن الماء السائل الموجود في الفراغ الخلوي يتحرك للخارج متجهاً إلى الأسطح الخارجية لتحدث عملية التبخير ويفقد الخشب رطوبته كما يحتوى الفراغ الخلوي أيضا على ماء في صورة بخـــار، وإذا تم تجفيف الخشب إلى الحد الذي عنده يتم إزالة جميع الماء من الفراغات الخلوية يبدأ الماء في ترك الجدار الخلوي ، والنقطة التي يفقد عندها كل الماء السائل الموجود في الفراغات الخلوية في حين أن الجدر الخلوية مشبعه تماماً بالماء يطلق عليها اسم (نقطة تشبع الألياف) و بانخفاض الرطوبة تحت هذه النقطة تتأثر خواص الخشب وتتغير أبعاده [2] ، و يتواجد الماء في الخشب في صورتين أساسيتين :

1.5.2.5- الماء الحـــر

ويوجد في الفراغات الخلوية ويفقد أولاً خلال عمليات تجفيف الخشب.[3]

2.5.2.5- الماء المرتبط أو الماء الهيجروسكوبى

ويوجد في الجدر الخلوية حيث يمسك بشدة بقوى الإدمصاص على أسطح الجدر الخلوية ، ولقد وجد أنه تحت نقطة تشبع الألياف يكون الماء مرتبطاً بشدة بالجدر الخلوية ، حيث ترتبط جزيئات الماء بروابط هيدروجينية مع مجاميع الهيدروكسيل الحرة في السليولوز والهيميسليولوز واللجنين، ويحدث إرتباط الماء في المناطق غير المتبلورة لسلاسل الميكروفيبرلات، لأنه في المناطق البلورية لا توجد أماكن لحمل الماء ،ولكن يمكنه بسهولة اختراق المناطق غير البلورية ، والتي تكون فيهـــا مجاميع الهيدروكسيل قادرة على الإرتباط معه[4] ، وعموماً فإن الماء المرتبط يتواجد في ثلاث صور هي:

[1]- Hawley L.F , Louis E.Wise ; Op cit , p 119 .
[2] - Forest products laboratory , Op cit , p 81.
[3]- Hoadley Bruce R – Understanding wood a craftsman's guide to wood technology , USA , 2000,p 114.
[4] - Ibid , p 114.

أولا ـ الماء التكويني

وهو الماء المكون للطبيعة التركيبية للخشب متمثلاً في مجاميع الهيدروكسيل (OH) الحرة في السليولوز والهيميسليولوز واللجنين ، ولا يحدث تحطم لمادة الخشب ويفقد صورته الطبيعية ولا يلعب دوراُ هاما في العلاقة بين الخشب والرطوبة [1].

ثانيا ـ الماء المرتبط السطحي

وهو الماء المرتبط بروابط هيدروجينية مع مجاميع الهيدروكسيل الحرة الموجودة على سلاسل السليولوز، وهذا الماء يمكن إزالته بدون إحداث أي تغير في تركيب الخشب [2].

ثالثا ـ الماء المتكثف الشعرى

وهو الماء الموجود في القنوات الشعرية الدقيقة داخل الجدار الخلوي، وخاصة في المناطق غير المتبلورة بالسلاسل السليولوزية ، ويتحرك الماء داخل القنوات بالخاصية الشعرية ويعتمد في ذلك على قوة الجذب بين الجزيئات وبعضها وبينها وبين جدار الأنابيب الشعرية[3].

6- خصائص الخشب

ترجع الخواص العامة للأخشاب إلى تباين أنواع الأخشاب في صفاتها وفي قيمتها بالنسبة للأغراض المختلفة ، فالصفات المميزة تعتمد على التركيب التشريحي والكيميائي للأنسجة ، والاختلاف في التركيب الكيميائي للخشب له أهمية كبيرة بالنسبة لبعض الصفات المعينة وخاصة بين الخشب اللين والخشب الصلب وفي صفات السليلوز والهيمسليلوز واللجنين، وهناك خصائص فيزيائية وميكانيكية وحرارية وكهربائية وصوتية .

1.6 – الخصائص الفيزيائية

1.1.6 – الوزن النوعي

هو النسبة بين كتلته إلى حجم نموه متضمناً الفراغات بالنسبة لمحتوى الرطوبة ، وحدة الوزن هي : غ / سم^3 ، يعتمد وزن الخشب على صفاته الميكروسكوبية ومسمياته التي

[1]- Hoadley Bruce R , op cit , 2000 , p 114.
[2] - Ibid , p 114.
[3]- رمضان ناصر ، الخواص الفيزيقية للخشب ، ص 101.

تختلف باختلاف أنواع الأشجار وبيئة النمو، كما يعتمد أيضاً على محتوى الرطوبة لذا يجب أن يحدد محتوى الرطوبة بالخشب عند ذكر وزنه .[1]

2.1.6 - الكثافة

هي كتلة وحدة الحجوم من المادة وتعتبر كثافة الخشب مقياساً لجودته ، حيث إن الكثافة تتناسب طردياً مع متانة وجودة الخشب [2]، تختلف كثافة الأخشاب نظرا لاختلاف تكوين خلايا النمو فيها ، ويعتبر الخشب أثقل من الماء حيث إذا أزيل منه الهواء فإنه يغطس ، وكلما كان الخشب جافا نقصت كثافته ، كما أن الأخشاب المقطوعة من جذر الجذع تكون أثقل من المقطوعة من قمة الجذع لغناها بالمواد الغذائية والماء ، وكذلك الحال بالنسبة للأخشاب المقطوعة من عند القلب و المقطوعة من جهة القشرة ، ويلاحظ أن أمتن الأخشاب هي الجافة ذات الكثافة العالية [3] .

3.1.6 – الرطوبة

إن الخشب هو مادة استرطابية، وهذا يعني أنه من المواد التي تمتص الماء، ويدخل الماء إلى الخشب من خلال ثلاث طرق: كسائل عبر تجاويف الخلية عن طريق الشد الشعري ، وكبخار عبر تجاويف الخلية، وكانتشار جزيئي عبر جدران الخلية، إن المحتوى الرطوبي في الخشب يعني العلاقة بين كتلة المياه فيه وكتلة الأخشاب من دون المياه، عادةً ما تكون نسبة المحتوى الرطوبي في الخشب المنشور حديثًا من 40 إلى 200%، في الاستخدام العادي تتراوح نسبة المحتوى الرطوبي في الخشب ما بين 8 و25% من حيث الوزن، وهذا يتوقف على الرطوبة النسبية للجو [4] .

المحتوى الرطوبي التعادلي للخشب هو حالة مقابلة لدرجة حرارة الجو والرطوبة النسبية، حيث يظل المحتوى الرطوبي للخشب ثابتًا. وتجدر الإشارة إلى أنه يتم تحديد المحتوى الرطوبي التعادلي للخشب بواسطة الرطوبة النسبية للجو، تصل الأخشاب المجففة مسبقًا إلى المحتوى الرطوبي التعادلي لها في غضون بضعة أسابيع. نقطة التشبع لألياف الخشب تعني نسبة الرطوبة في الخشب عند تشبع جدران الخلية بالماء، ولكن لا تظهر قطرات المياه في

[1]- Hoadley Bruce R , Op cit , 1990 , p 52.
[2] - Normand D - Manuel d'identification des bois commerciaux - T1 , 2ème ed , CIRAD , France , 1998 , p 168.
[3] - محمد حسين صالح ، المرجع السابق ، ص 159 – 160 .
[4] - William T Simpson , Op cit , p p 7 – 8 .

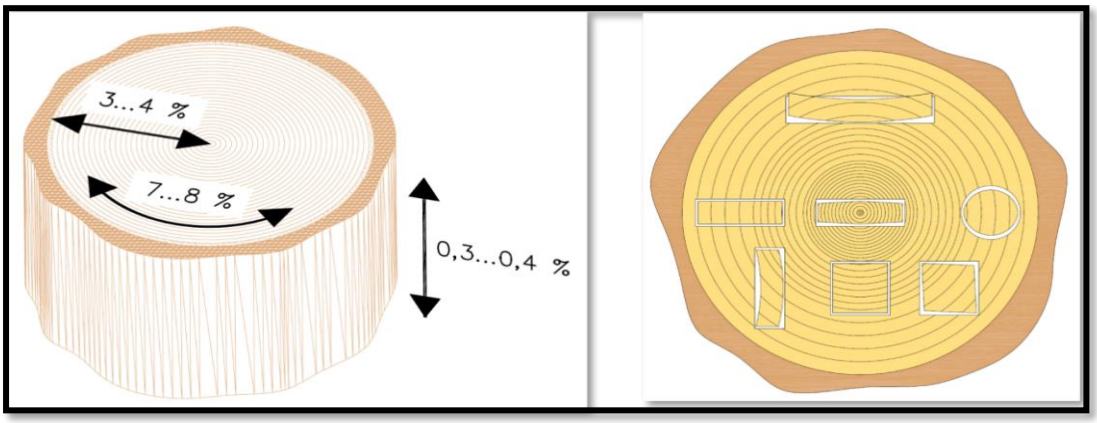
تجاويف الخلية. بينما يجف الخشب يبدأ في التقلص، عندما ينخفض المحتوى الرطوبي له إلى ما دون نقطة التشبع. وفي المقابل، بينما يبتل الخشب، ينتهي التمدد عند نقطة التشبع [1] .
بينما تزداد كثافة الخشب، عادةً ما يزداد الانكماش والتمدد الناتجين عن الرطوبة. وبينما يجف الخشب، تتحسن خصائص مقاومته. على سبيل المثال، تزداد مقاومة الضغط والانحناء للخشب بحوالي ضعفين بينما يجف الخشب من النضارة وحتى 12 إلى 15% ، تكون مقاومة الشد للخشب في أكبر نطاق للمحتوى الرطوبي له بنسبة تبلغ من 6 إلى 12%. وبينما يجف الخشب، تتحسن خصائص مقاومته بشكل ملحوظ عندما ينخفض المحتوى الرطوبي إلى ما دون نقطة التشبع للتعريق. وفي وضع أبعاد الهياكل الخشبية أيضًا، يجب مراعاة المحتوى الرطوبي للخشب، لأنه يؤثر على مقاومة الخشب [2].

4.1.6 - الانكماش و الانتفاخ

انكماش هو مقدار التغير في الأبعاد الناتج عن التجفيف ، والانتفاخ هو الزيادة في الأبعاد نتيجة زيادة المحتوى المائي في الخشب ، ويؤدي للكثير من المشاكل ، حيث تبدأ المياه في ترك جدران الخلايا في رطوبة تقدر بـ : 25 إلى 30 % ما يؤدي إلى انكماش الجدران ، وحتى بعد التجفيف فبإمكان الخشب أن يتقلص و ينتفخ تبعا لتغيرات الرطوبة النسبية ، ويختلف التقلص في الخشب تبعا للاتجاهات المماسية والعرضية والطولية ، لأنه أثناء التجفيف يبدأ الانكماش في الألياف الخارجية قبل أن يبدأ في الألياف الداخلية، وهذه الضغوط يمكن أن تسبب الشقوق وتزيد من التشوه [3] .
يتقلص ويتمدد الخشب بواسطة طرق مختلفة في الاتجاهات نصف القطرية وبالتماس لحلقات النمو وفي اتجاه التعريق أو الألياف . تسمى هذه الظاهرة باسم "تباين الخواص". بينما يجف الخشب ينكمش في الاتجاه المماسي بمتوسط يبلغ 8%، وفي الاتجاه النصف القطري بحوالي 4%، وفي اتجاه التعريق بنسبة تبلغ تقريبًا من 0.2 إلى 0.4% فقط. دائمًا ما يكون خشب القلب الصُلب في جذع الشجرة أكثر جفافًا من الخشب السطحي، مما يجعل تجفيف الخشب يمثل تحديًا. إن تباين الخواص وحالات الشد الداخلية للخشب ناتجة أيضًا عن تجعد الخشب

[1] - Weissenfeld P , Konig H , Op cit , pp 10 , 11 .
[2]- Forest products laboratory , Op cit , p 82
[3] - William T Simpson , Op cit , p 11 .

بينما يجف. يجب دائمًا مراعاة حركة الرطوبة في الخشب في أثناء البناء. التي قد تتسبب انهيار المبنى ، إن الانكماش الكبير للخشب في الاتجاه المماسّي يتسبب في تشقق الأخشاب كبيرة الحجم. وعادةً ما يتشقق الخشب في المكان الذي تكون فيه المسافة من السطح إلى النواة هي الأقصر [1] . شكل رقم (102)يوضح مقدار الانكماش في الاتجاهات الثلاث للخشب.



شكل رقم (102) مقدار انكماش الأخشاب في الاتجاهات الثلاث
http://www.woodproducts.fi/ar/content/lkhsys-lhrry-llkhshb

5.1.6 – اللون

يعتبر من أهم الخواص للتعرف على الأخشاب ، إلا أنه قد يتغير نتيجة لمعالجة الخشب بمواد مختلفة ، أو عند تعرضه لعوامل خارجية مختلفة ، وتتراوح ألوان الخشب بين البني الفاتح والبني الداكن الذي يميل للأسود (لون الأبنوس) ، وقد تختلف في الخشب الواحد بين الخشب العصاري والصميمي (خشب القلب) ، وبين خشب البكر والمتأخر أو بين نسيج الأشعة والنسيج المحيط بها ، ويمكن ارجاع التغيرات اللونية للخشب لطبيعته الكيميائية ، حيث ينتج عن أكسدة المركبات العضوية والمواد المستخلصة التي تكسب الخشب لونه ، وقد تكون التغيرات في اللون ناتجة عن الإصابة ببعض الفطريات والبكتيريا ، وعند تعرض الخشب الفاتح اللون لأشعة الشمس لفترات طويلة يتغير إلى البني ، بينما التعرض للمطر أو الرطوبة المرتفعة يؤدي إلى تغير اللون إلى رمادي معتم [2] .

[1] - Ghomari Fouad , Op cit , pp 18 – 24 .

[2] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص99 .

6.1.6 – الرائحة

تعتبر من مميزات التعرف على الأخشاب وتختلف تبعا لنوع الأخشاب ، فهناك بعض الأخشاب لها رائحة مقبولة كالصنوبر وخشب الأرز ، بينما هناك أنوع غير مقبولة الرائحة كالأخشاب الاستوائية ، والرائحة عادة مقرونة بوجود المستخلصات والزيوت الطيارة في الخشب [1]، وتقل الرائحة تدريجيا بجفاف الخشب وتعرضه للظروف الجوية نتيجة لتحلل وتطاير المواد الموجودة فيه [2] .

7.1.6 - نفاذية الضوء

يفتقد الخشب صفة النفاذ للضوء [3] .

8.1.6 - احتمالية الخشب ديمومته

هي قدرة الخشب على مقاومة التلف الميكروبيولوجي الذي تحدثه الفطريات وأنواع البكتريا والحشرات ، حيث تمتلك بعض الأنواع موادا تعيق نمو الحشرات والفطريات عليها ، خاصة الأخشاب الراتينجية ، كما تعتبر البنية المجهرية عاملا مساهما في تطورها فكلما كان الخشب مسامي وكثير التنقيطات كلما سهل غزوه ،إضافة إلى لمعان الخشب من عدمه في حالة التعرض للأشعة فوق البنفسجية [4].

9.1.6- النسيج والتعريق والشكل

- النسيج يستخدم للتعبير عن تقارب وتجانس خلايا الخشب، يكون الخشب إما متماثل أو غير متماثل ، وهذا يشير إلى درجة تجانس مظهر الخشب ، والى وجود اختلافات في تركيب حركة النمو.

- التعريق يعتمد على التباين في حجوم الخلايا وأشكالها ، يعتبر التعريق من الصفات الرئيسية في بناء الخشب ، ويظهر به الحلقات السنوية وأشعة الخشب .

- الشكل يستعمل لتوضيح الهيئة والصورة الطبيعية لسطح الخشب ، ويمكن معالجة السطح بالصنفرة أو الطبع أو الدهان للحصول على منتجات محددة للون والملمس .[5]

---

[1] - Hoadley Bruce R , Op cit ,1990 , p 47 .

[2] - إبراهيم محمد عبد الله ، المرجع السابق ، ص 75 .

[3] - Hoadley Bruce R , Op cit ,1990 , p 47

[4] - CTBA - Le Traitement des bois dans la construction - 2ème Ed , CTBA , Eyrolles , France ,2000, p 8.

[5] - Forest products laboratory , Op cit , p 82

2.6- الخواص الميكانيكية للخشب

تعبر عن مدى صلاحية الأخشاب للاستخدامات المختلفة ، وتعتمد على مقاومة الخشب لتأثيرات القوى الخارجية التي يتعرض لها ، فالمعروف أنه عندما تؤثر أي قوة على جسم ما فإنها تنتج جهدا معينا ، وهناك أنواع من الجهود تنشأ من قوى مختلفة مثل : الضغط ، الشد، القص والثني ، وينتج عنها تشوهات أو تشكل دائم يعبر عنه بالانفعال والذي يرافق الجهد ويتناسب معه طرديا ،وتؤثر عدة عوامل في تحمل الخشب للقوى المختلفة أهمها :

نوع الخشب وتركيبته وكثافته ودرجة ترتيب التركيب الداخلي ، نسبة رطوبة الخشب ، درجة الحرارة المعرض لها الخشب ، ميل ألياف الخشب ، العيوب الموجودة في الخشب خاصة العقد والتشققات أو تلفه بعوامل التلف المختلفة ، نوع القوى واتجاهها [1] .

تزداد قيم الخواص الميكانيكية مع زيادة الكثافة أو الثقل النوعي للأخشاب ، وتقل تلك الخواص مع زيادة المحتوى الرطوبي ومع زيادة درجة الحرارة ووجود العقد والعيوب .

1.2.6 – مقاومة الضغط

تعرف بأنها الاجهاد اللازم لتكسير عينة من الخشب تحت تأثير ضغط حمل معين [2] ، ويمكن أن تكون المقاومة باتجاه الألياف أو باتجاه عمودي على الألياف ، وعند ضغطه في هذا الاتجاه يلاحظ تشوه كبير للنموذج بدون ظهور الانكسار ، ولهذا تعتبر الحمولة حمولة كاسرة عندما يصبح تفاضل التشوه أسرع من تفاضل الاجهاد .

وإن مقاومة الخشب باتجاه الألياف أكبر بـ 5 إلى 10 مرات من المقاومة بالاتجاه العمودي عليها ، وبالتالي فإن مقاومة الخشب تتعلق بدرجة كبيرة بزاوية تطبيق الحمولة بالنسبة لاتجاه الألياف ، وهناك شروط تؤثر على مقاومة الضغط منها : نوع الخشب وشروط انتاجه وتجفيفه وعيوبه ورطوبته ، إذ تقلل هذه الشروط من مقاومة الضغط ، كما تعمل الرطوبة على انقاص المقاومة بشكل حاد حتى درجة تشبع الألياف ، وبعد هذه الدرجة فإن المقاومة تصبح ثابتة لا تتأثر بالزيادة في الرطوبة [3] .

---

[1] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص101 .
[2] - إبراهيم محمد عبد الله - علاج وصيانة التحف الخشبية - ص 76 .
[3] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 222 ، 225 .

كما أن كثافة الخشب وتعرضه لتلف ومهاجمة الفطريات يؤدي إلى فقد متانة الخشب وضعف مقاومته للضغوط المختلفة ، وذلك بفقدان الوزن بحوالي 6 % مع فقد حوالي 59 % من المتانة ، وترجع فقدان المتانة بسبب بعض أنواع الفطريات كالعفن البني إلى تغلغل الهيفا الفطرية داخل الجدار الخلوي ونخرها له [1] .

2.2.6 - المرونة أو مقاومة الانحناء

هي قدرة المادة على التشكيل نتيجة للأحمال الواقعة عليها ، وقدرتها على الانضغاط عند تأثير الأحمال المسببة للانحناء ، ثم عودتها إلى شكلها الأصلي عند زوال هذه الأحمال مرة أخرى [2] ، وتتناسب رطوبة الخشب طردياً مع معامل المرونة ، وتعد مادة الخشب ذات معامل مرونة أكبر من العديد من المواد الإنشائية مما يجعلها مناسبة للاستخدام كمواد حاملة ،لما لها من قدرة على امتصاص اجهادات الصدمات مما يؤهلها لتحمل قوى الرياح والزلازل [3] .

3.2.6 – مقاومة الشد

وهي مقاومة الخشب للقوى التي تعمل بالشد في الاتجاه الموازي للألياف أو العمودي عليها ، حيث يظهر الخشب قوة عالية جدا في مقاومته للشد الموازي للألياف ، ويرجع ذلك إلى التركيب الكيميائي والتكوين التشريحي له ، وطبيعة الروابط الكيميائية كجزيئات السليلوز واللجنين به [4] .

4.2.6 – مقاومة القص

تعرف بأنها تحمل العينة لإجهاد قاص ، ومقاومة الخشب للقص في اتجاه الألياف ضعيفة بالمقارنة بالاتجاه العمودي على الألياف ، لذلك فتأثيره يكون فعالا في الكمرات (الروافد) القصيرة كبيرة العمق حيث يتسبب الانهيار بواسطة القص عندما يكون في اتجاه الألياف ، فالخشب الذي ينكسر فجأة بعد تعرضه لقليل من الثني أو الضغط أو القص يعتبر هشا ،

[1] - إبراهيم محمد عبد الله - وعلاج وصيانة التحف - ص 77 ، 78 .

[2] - Hoadley Bruce R , Op cit ,2000 , p 76.

[3] - Lartigau Julie - Caracterisation du comportement des assemblages par goujons colles des les structures bois - Thèse de doctorat en mécanique , Université de Bordeaux 1 , 2013 , p 14

[4] - ابراهيم محمد صفاء محمد ، المرجع السابق ، ص103 .

والعكس بالنسبة للأخشاب الصلبة فهي تتحمل الضغوط والقوى المؤثرة عليها وتنكسر تدريجيا [1] .

5.2.6 – مقاومة الالتواء

الخشب مادة مقاومة لقوى الالتواء، هذا ما يبرر استعماله في البناءات ذات الأثقال المختلفة، والتعرف على هذه الخاصية يؤدي بنا إلى معرفة مدى صلابة الجسم الخشبي، وينتج الالتواء عن طريق إحداث قوى في اتجاه مضاد لنهاية الجسم، حيث تتعرض الألياف للالتفاف في شكل حلزوني حول المحور، وعند الالتفاف الشديد تميل إلى الضغط على القطاعات المركزية في المحور، ومع زيادة التشوه والالتواء فإن ارتباط الألياف جانبيا ينتج عنه تفكك وانزلاق بعضها عن بعض حتى تتقطع [2] .

6.2.6 – التجزيعة (التقطيع) الدائرية

يتميز الخشب ذو التجزيعة الدائرية بالشقوق والانكماشات التي توجد على سطحه وتصنف لثلاث درجات :

- خشب ذا قوة إنشائية عالية .
- خشب ذا قوة إنشائية متوسطة .
- خشب ذا قوة إنشائية ضعيفة .[3]

3.6- الخواص الكيمائية للخشب

يعتبر الخشب مقاوم للأحماض الضعيفة والمتوسطة وكذلك محاليل الأملاح الحمضية ، لكن تقوم الأحماض بالعمل كعوامل مؤكسدة حيث يمكن أن يتحلل الخشب كيميائياً ومن هذه الأحماض حمض الكبريتيك H_2SO_4 بتركيز 72٪ ، والأحماض المركزة تؤثر على السليلوز والهيميسليلوز وتعمل على تحلله مائياً ، مما يؤدي إلى نقص كبير في قوة الخشب وتنقص قوى الشد له ويصبح ضعيفاً ويتحول لون الخشب إلى اللون البني ، لا تؤثر الأحماض على اللجنين [4] .

---

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، المرجع السابق ، ص 80 .
[2] - السيد عزت قنديل – أساسيات تصنيف الأشجار وتعريف الأخشاب – منشأة المعارف الإسكندرية ، 1991 ، ص 209- 211 .
[3]- مجهول ، محاضرات عن الأخشاب ، ص 17.
[4] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 221 – 222 .

تتأثر الأخشاب بالقلويات إذا تعرضت لها لمدة طويلة وبارتفاع درجة الحرارة مثل : هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، وكذلك ملح كبريتيد الصوديوم الذي يؤثر بشدة على اللجنين ويحوله إلى مركبات قاعدية قابلة للذوبان ، وبالتالي يسبب انفصال خلاياه وأليافه وتآكله ، كما أن معظم المذيبات العضوية والكحوليات لا تؤثر على الخشب ولكنها تسبب انتفاخه وتفقده قوة الانضغاط [1] .

4.6 - الخواص الكهربائية للخشب

يعتبر الخشب عازلا كهربائيا وتزيد درجة عزله بزيادة كثافته وجفافه، فإذا كان الخشب رطبا فإنه يوصل الكهرباء ويرتفع معامل التوصيل بارتفاع المحتوى المائي فيه، ويمكن قياس محتوى رطوبة الخشب انطلاقا من قياس المقاومة الكهربائية [2] .

5.6 - الخواص الحرارية

إن التوصيل الحراري في الخشب منخفض نسبيًا بسبب مساميته و يتناقص مع انخفاض كثافة الخشب و في اتجاه الألياف، يبلغ التوصيل الحراري للخشب حوالي ضعف التوصيل الحراري المتعامد على الألياف . على سبيل المثال، يبلغ التوصيل الحراري لشجرة الصنوبر في اتجاه الألياف 0.22 واط/متر كلفن، والمتعامد على الألياف 0.14 واط/متر كلفن. إن زيادة الرطوبة في الخشب تزيد من توصيله الحراري. وبينما تنخفض درجة حرارة الخشب، فعادةً ما تزيد مقاومته. إن التمدد الحراري للخشب في اتجاه التعريق قليل جدًا بالمقارنة مع الاتجاهات القطرية والمماسية ، في درجة حرارة أقل من 0 درجة مئوية، قد يبدأ الخشب في التشقق لأن الماء الموجود في تجاويف خلايا الخشب يتمدد أثناء التجمد [3] .

وتقدر قيمة معامل التمدد الحراري للخشب في الاتجاه المحوري بـ : 5 . 10 $^{-6}$ ° م ، وهي أقل من قيمة التمدد في الخرسانة أو الصلب ، ونتيجة لذلك فإن التغيرات في درجة الحرارة لا تأخذ بعين الاعتبار في الهياكل الخشبية ، ولكن الارتفاع الكبير يؤدي إلى تمدد يصاحبه انخفاض في المحتوى الرطوبي الذي يؤدي بدوره إلى الانكماش ، ولذلك فإن هذا التمدد الضعيف و أثناء الحريق العادي مثلا يكون هناك تحرك ضعيف للأجزاء الساخنة فقط دون

[1]- عبد الحميد حسام الدين - المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمخطوطات الأثرية - الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، 1984 ، 257 .

[2] - William T Simpson - Properties of wood related to drying - Sd , p 13 , 15 .

[3] - http://www.woodproducts.fi/ar/content/lkhsys-lhrry-llkhshb

التأثير على نقاط الدعم الأخرى وبذلك يبقى المبنى مستقرا لفترة من الزمن [1] ، فالخشب يعزل الحرارة بـأكثر من 12 مرة من الخرسانة وبـ 350 مرة عن الصلب و بـ 1500 مرة أثر من الألومنيوم ، وبالتالي هو عازل جيد وأحيانا أفضل من المواد العازلة نفسها [2] .

6.6- الخواص الصوتية للخشب

للخشب خاصية امتصاص الأصوات ثم اصدار الرنين ، وقد استغلت هذه الخاصية لتمييز الأنواع المختلفة من الأخشاب ، وذلك بإدخال الموجات الصوتية على الخشب واستقبالها وتحليل الرنين الصادر من خلال جهاز إلكتروني ، يعطي قراءات تختلف باختلاف الرنين ، والذي يعتمد على تركيب الخشب وبنيته ونسبة الرطوبة داخله وعمره ، إضافة إلى سرعة الصوت وتردده وطول الموجة ، ولهذا فيمكن استخدام هذه الخاصية لقياس قوة الخشب ونسبة الرطوبة والفراغات باعتبارها من طرق القياس غير المدمرة ، وبسبب خواص الخشب في امتصاص الصوت فهو يستعمل عادة في تكسية الجدران والأرضيات [3] ، وناقلية الخشب للصوت بالاتجاه العمودي للألياف أكبر بأربع مرات ، وباتجاه الألياف أكبر بـ 10 – 12 مرة من ناقلية الهواء للصوت ، والخشب الرطب ينقل الصوت بشكل أقل [4] .

7.6 - الخواص الضوئية للخشب (لمعان الخشب)

هناك بعض الأخشاب لها صفة اللمعان وبعضها غير لامع ، ويتميز اللمعان الطبيعي للخشب عن اللمعان الصناعي بأنه يكون ذا عمق ، بينما في الصناعي يكون سطحياً ، ومن الأخشاب المتميزة بخاصية اللمعان خشب التنوب والدردار .[5]

8.6 – القساوة (الصلابة)

القساوة هي مدى مقاومة الخشب لتغلغل الأجسام الأخرى فيه ، حيث تتوقف على تكوين الخشب و كثافته الإجمالية ، وكلما صعب تغلغل أو ادخال أي جسم في الخشب دل ذلك على صلابته ، ولها علاقة وثيقة بوزن الخشب فكلما زاد الوزن زادت الصلابة والعكس صحيح ،

[1] - Pradier Eric - Le matériau bois - S Ed , SD , p 10 .
[2]- Lartigau Julie ; Op cit , p 11.
[3] - إبراهيم محمد عبد الله ، المرجع السابق ، ص 81 ، 82 .
[4] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 221 .
[5]- Hoadley Bruce R , Op cit ,2000 ,pp 105-106.

وتتأثر الصلابة بالرطوبة بصفة عكسية حيث نجد أن الزيادة في الرطوبة يؤدي إلى التقليل من الصلابة والعكس صحيح [1]، ويمكن تقسيم الأخشاب من حيث الصلابة إلى :

- أخشاب لينة جدا ، أخشاب لينة ، أخشاب متوسطة الصلابة ، أخشاب صلبة و أخشاب شديدة الصلابة .[2]

7 – صناعة الأخشاب

للخشب مميزات وصفات تساعد في استعماله ومنها :

- سهولة التصنيع والتشكيل وسرعتها وسهولة التحكم في الأبعاد المختلفة.
- الخفة بالنسبة للحجم و القوة بالنسبة للوزن.
- المقاومة العالية للحرارة والصوت.
- سهولة الصقل والتجهيز.
- تعدد أنواع الخشب واختلاف الأشكال والقساوة .
- إمكانية تطبيق الدهان والورنيش على الخشب وإمكانية لصقه مع خشب آخر باستعمال الغراء أو تقنية التجميع .
- تعدد الخواص الطبيعية والميكانيكية للأخشاب في النوع الواحد وفي الأجزاء المختلفة ، وقدرته على العزل الحراري والكهربائي والصوتي .
- القدرة على تحمل الأحمال المختلفة العالية نسبياً [3] .

1.7 – تقطيع الأخشاب

التقطيع يتم على مرحلتين أساسيتين:

المرحلة الأولي :هي نزع القشرة الخارجية .و هي دوران جذع الشجرة داخل أسطوانات مع دفع المياه بقوة دافعة شديدة مما يساعد على نزعها.

المرحلة الثانية :هي القطع طبقا لمواصفات كل جذع و يتوقف ذلك على نوع الخشب و قطر الجذع و مدى استقامته.

وتتم عملية التقطيع بطرق مختلفة :

[1] - عبد الحميد حسام الدين ، المرجع السابق ، ص 226.

[2] - Hoadley Bruce R , Op cit , p 49

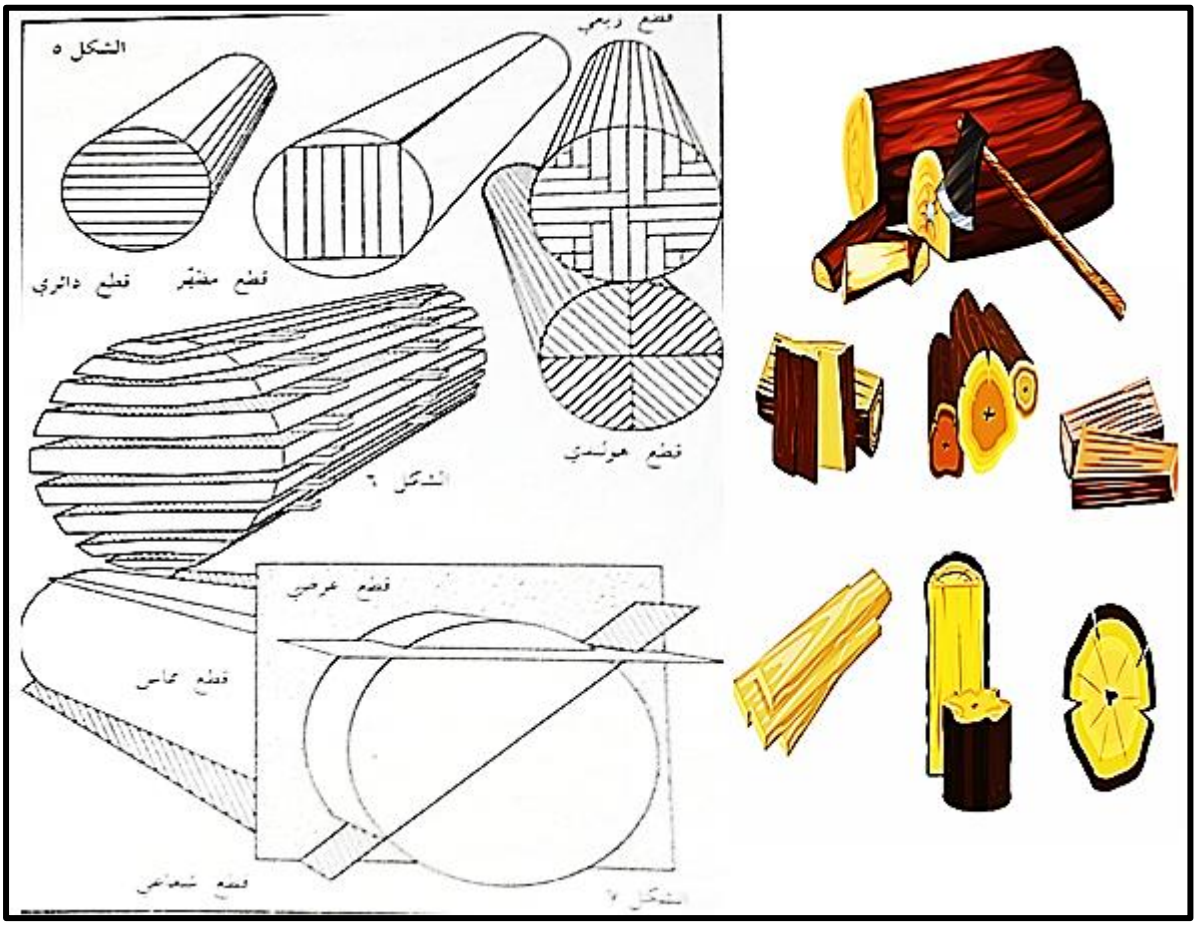
[3] - محمود حسن إبراهيم - الأخشاب والخواص التشريحية والكيميائية – جامعة الإسكندرية ، 2000 ، ص 16 .

- **قطع دائري :**حسب محور التماس .

- **قطع مظهر :** (يقطع الخشب بلحائه من طرف واحد) ثم لا نحتفظ إلا بوسط الجذع .

- **قطع ربعي أو عقدي :** يكون عرض لوح الخشب غير منتظم ولكنه ذو نوعية أفضل [1].

شكل رقم (103) صورة لمختلف أنواع القطع في الخشب .

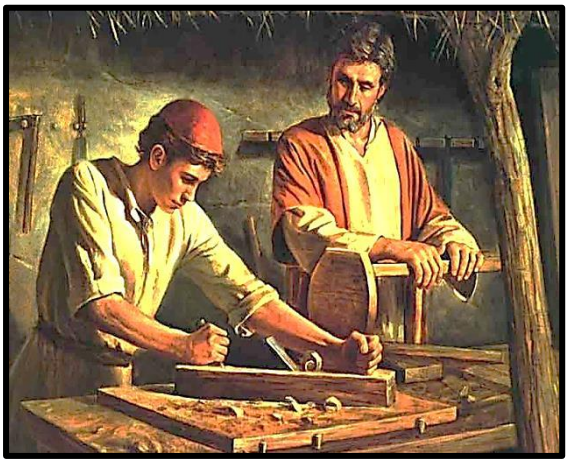


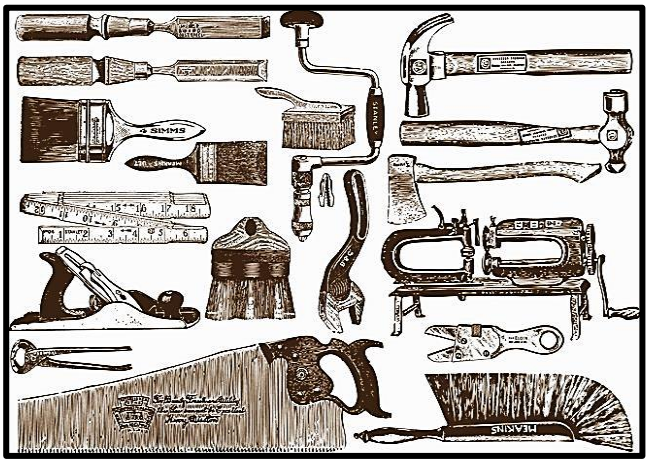
شكل رقم (103) مختلف أنواع القطع في الخشب . بتصرف

1.1.7 – الأدوات والآلات المستخدمة في تهيئة الخشب

استخدم الانسان عدة أدوات من أجل الوصول للشكل النهائي للخشب سواء كان بنائي أو جمالي و تسمى بأدوات النجارة اليدوية التي نجد منها المطرقة و المنشار .....الخ شكل رقم (104) أدوات النجارة اليدوية.

[1]-Bermpohl R , Winkelmann H , chevalley G , Op cit , p p 34-36.





أ. الأدوات اليدوية المستعملة في النجارة ب- الطريقة اليدوية لنجارة الخشب
شكل رقم (104أ،ب) أدوات النجارة اليدوية وطريقتها . بتصرف

إلا أن الإنسان لم يكتف بالأدوات اليدوية و استعان بذلك على ألات مكنته من كسب الوقت و الجهد ، العمل السريع و الربح الوفير .

1.1.1.7 – آلات القطع

أولا - آلة الصينية

تتميز عن آلة الشريط حيث يمكن بواسطتها تقطيع الأخشاب بسهولة سواء كانت جافة أو غير جافة، صلبة أو لين، و يمكن استعمالها كمحفار بإبراز الصينية عن القرصة بمقدار عمق المفحار (عجلة مسننة) [1].

ثانيا - آلة المنشر(منشار الشريط)

تستعمل في قطع الأخشاب و تجهيزها للتشغيل حسب المقاسات المطلوبة ، مميزتها السرعة و الدقة العالية خاصة في قطع كميات كبيرة بمقاسات واحدة [2].

ثالثا - آلة التفريغ (منشار الأركت)

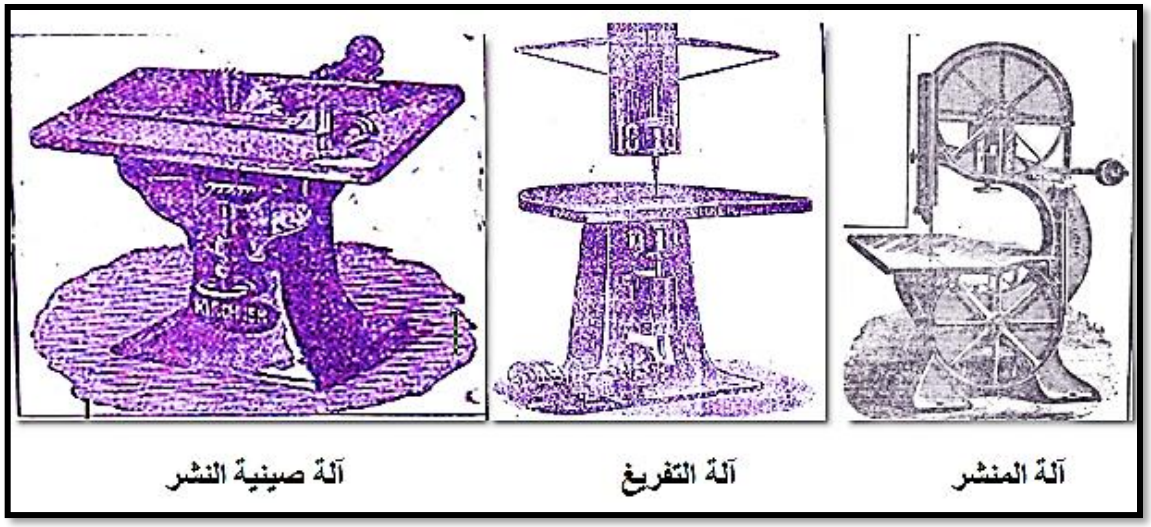
تستعمل في تفريغ الأخشاب تبعا للرسوم المطلوبة سواء كانت هندسية أو زخرفية و يساعد صغر سلاح منشرها على تفريغ المنحنيات الصغيرة ماراً داخلها بعد ثقبها [3]. شكل رقم (105) صور لمختلف آلات القطع .

---

[1] - مصطفى أحمد – تشكيل الخشب – دار الفكر العربي ، لبنان ، 1990 ، ص

[2] - Bermpohl R , Winkelmann H , chevalley G , Op cit , p 223.

[3] - خالد بن محمود بن عبد القادر برادة – التقنيات التنفيذية للأخشاب وتوظيفها في الصناعات والحرف اليدوية الصغيرة ودورها في إثراء التربية الفنية ، رسالة ماجستير في التربية الفنية ، جامعة أم القرى ، المملكة العربية السعودية ، 2008 ، ص 100 .



شكل رقم(105) صور لمختلف آلات القطع.

بتصرف

2.1.1.7- آلات المسح

أولا - آلة الرابوة

هي آلة تحضيرية تؤهل الأخشاب المراد تحديد مقدار سمكها أو عرضها على الفارة، و قد تستخدم هذه الآلة بأنواع مختلفة في عمل المفحار(النقش أو الحفر على الخشب) و التفريز و الحلية و غيرها [1].

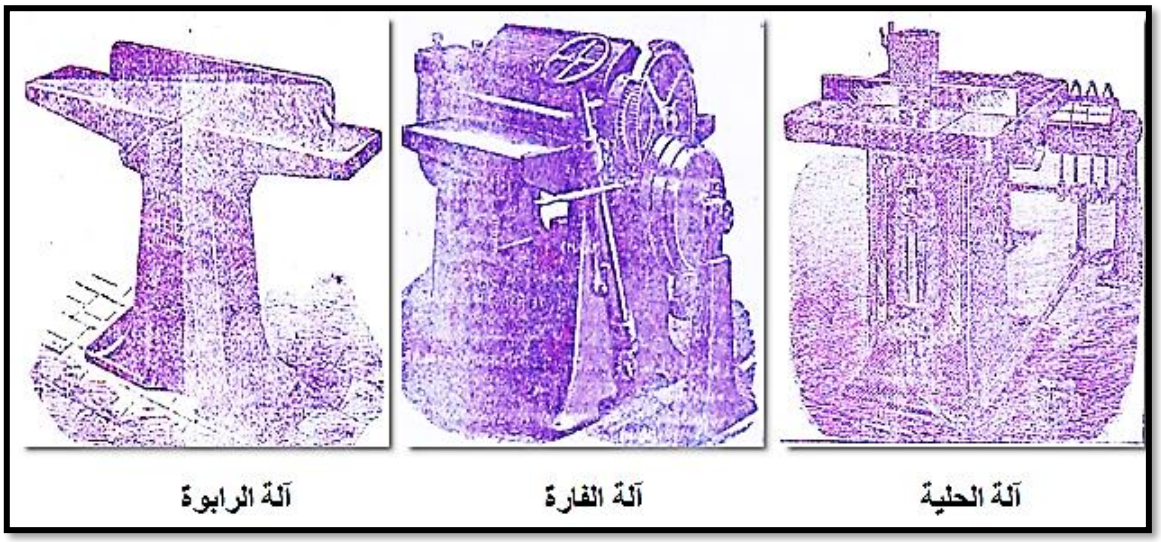
ثانيا - الفارة(آلة التخانة)

تستعمل في تحديد سمك الأخشاب بكشطها بواسطة كساتير خاص يركب على الآلة فتمسح أوجه الخشب ليصير سطحها ناعماً [2].

ثالثا - آلة الحلية

تستخدم لعمل أنواع الحليات كافة، كما تستعمل في عمل الإفريز والمفحار بعد تركيب صينية أفقية خاصة أو كستير خاص، و قد تستعمل أيضاً كآلة تلسين، و ذلك بعد تركيب الكستير الخاص بذلك [3]. شكل رقم (106) صور لآلات المسح .

[1] - خالد بن محمود بن محمد عبد القادر برادة ، المرجع السابق ، ص 101 .
[2] - نفسه، ص 102.
[3] - نفسه ، ص 103 .



شكل رقم(106) صور لمختلف آلات المسح بتصرف

3.1.1.7 - آلات النقر

أولا - آلة النقر ذات البنطة الأفقية

هي لعمل النقر في أشغال النجارة، تتميز بالسرعة و الإتقان و تكون نهاية النقر ذات تقعير بنصف دائرة .

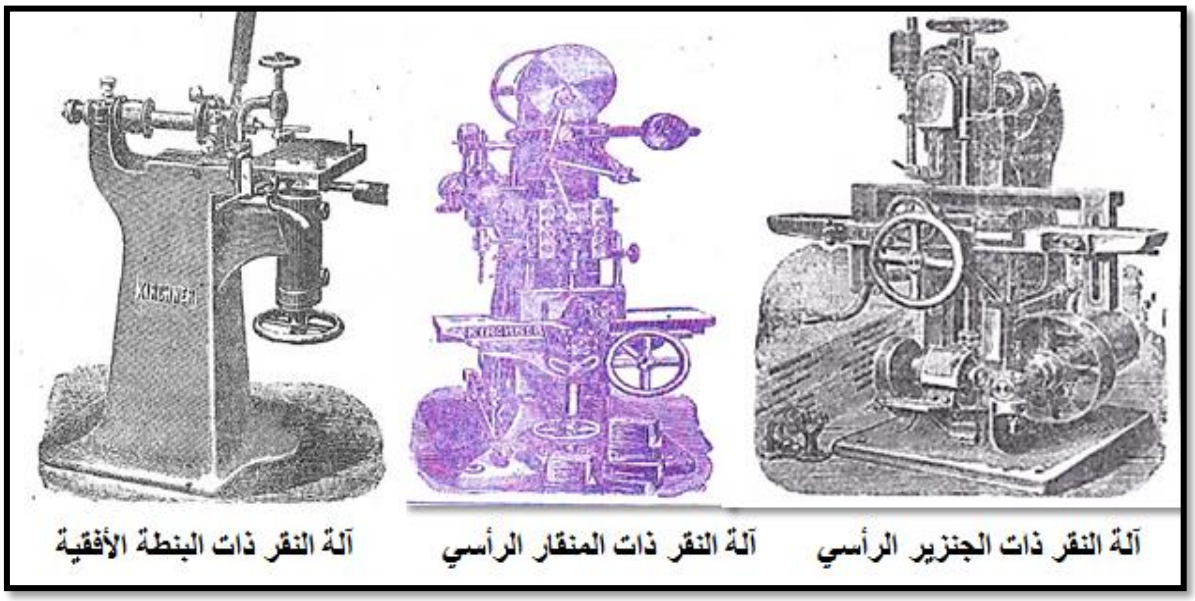
ثانيا - آلة النقر ذات المنقار الرأسي

هي لعمل النقر في أشغال النجارة، يركب المنقار على هذه الآلة الضخمة تركيباً يُشابه تركيب سلاح النشر في آلة الأركت. [1]

ثالثا - آلة النقر ذات الجنزير الرأسي

هي لعمل النقر في أشغال النجارة، و هي لا تختلف عن السابقتين كثيراً، جُعلت لنفس الغرض غير أن شكل المنقار في هذه الآلة عبارة عن جنزير حاد يدور حول قطعة معدنية مثبتة في جسم الآلة [2]. شكل رقم (107) صور لآلات النقر المختلفة .

[1] - Bermpohl R , Winkelmann H , chevalley G , Op cit , p 228
[2] -Ibid , p 229.

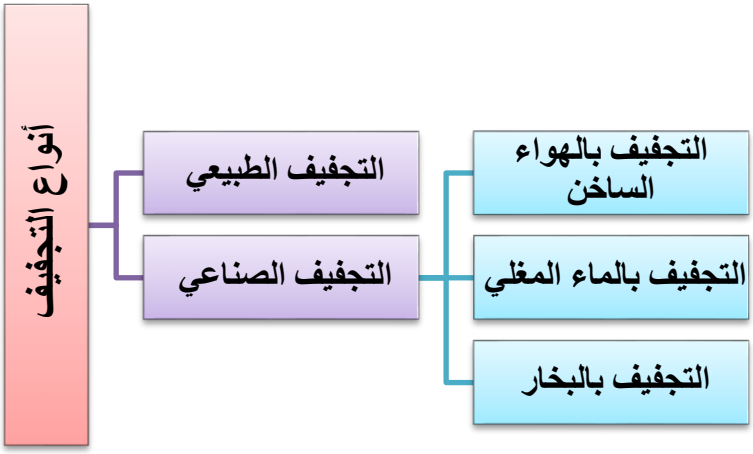


شكل رقم (107) صور لآلات النقر المختلفة .

بتصرف

2.7 - تجفيف الأخشاب

التجفيف هو تبخير أكبر كمية ممكنة من الماء الموجود في الخشب (من 10- 18%) بعد قطعه حتى نتمكن من استعماله من دون أن يتعرض للتلف أو التشوهات ، كما أنه يصبح أكثر صلابة ومتانة ويسهل استعماله سواء في البناء أو صناعة الأثاث ، وتكون هذه العملية إما بصفة طبيعة أو صناعية ولكل طريقة مزاياها ومساوئها [1]. شكل رقم (108) يوضح مخطط لأنواع تجفيف الخشب .



شكل رقم (108) مخطط لأنواع تجفيف الخشب عن الباحثة

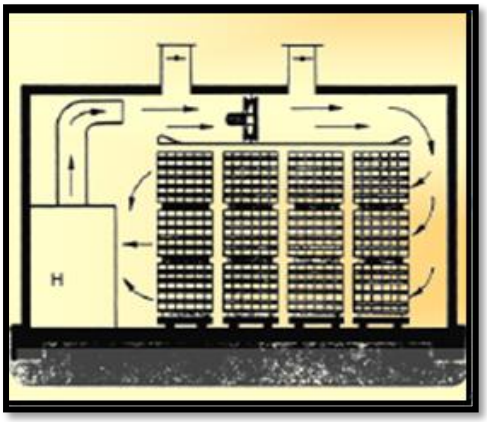
[1] -Ghomari Fouad - Science des matériaux de construction , bois - Université Abobekr Belkaid , SD , p 42 .

1.2.7 - التجفيف الطبيعي

شكل رقم (109) صورة لطريقة التجفيف الطبيعي للخشب

يستعمل التجفيف الطبيعي منذ زمن بعيد حيث بعد قطع الشجرة وإزالة القشرة واللحاء تقطع إلى ألواح أو كتل متساوية ، ثم ترص فوق بعضها البعض مع ترك فواصل بين الألواح وبين الصفوف حتى يدخل الهواء من كل الجهات [1] ، وتوضع هذه الأخشاب تحت أسقف جمالونية مفتوحة من الجهات الأربعة للسماح بدخول الهواء ، شكل رقم (109) يبين طريقة التجفيف الطبيعي ، وتكون مدة التجفيف بحسب نوع الخشب فإذا كان من الأنواع الصلبة كالبلوط مثلا فإنه سيحتاج لوقت أطول حتى يجف ، وعادة ما تكون مدة التجفيف من 6 أشهر فما فوق ، وتتميز الأخشاب التي تجفف بهذه الطريقة بعدم فقدانها لألوانها وجفافها بصفة جيدة ، وخلوها من المواد الغذائية التي تعمل على تلفها وأنها أكثر صحية وملائمة لصناعة الأثاث والديكور ، بينما يعيق طول المدة و اتساع المساحات التي تخصص لمباني التجفيف من انتشار هذه الطريقة [2] .

2.2.7 - التجفيف الصناعي



شكل رقم (110) التجفيف بالهواء الساخن .
عن Ghomari Fouad

تم استعمال هذه الطريقة بهدف الاختصار في الوقت حيث يمكن استعمال الخشب بعد أسبوعين من قطعه ، ويمكن إجراء التجفيف في أي وقت من السنة ولها عدة طرق أهمها :

1.2.2.7 - طريقة الهواء الساخن : ترص الأخشاب بنفس طريقة التجفيف الطبيعي داخل مستودعات مبنية من الطوب شكل رقم (110) يبين طريقة التجفيف بالهواء الساخن، ثم يسلط عليها الهواء الساخن

[1] - مصطفى أحمد ، خامات الديكور ، ص 31 - 35 .
[2] - نفسه ، ص 31 - 35 .

مدة كافية تختلف بحسب صلابة الأخشاب ولونها وطولها وسمكها ،وتحفظ درجة الحرارة ثابتة حتى يمتص الهواء الساخن المادة الرطبة في الأخشاب لتفادي تعرضه للتشقق [1] .

2.2.2.7- طريقة الماء المغلي

ترص الأخشاب في أحواض يسلط عليها تيار من الماء المغلي فيغسل الخشب من المواد الرطبة ، ويمكن تلوينه بوضع المادة الملونة في الماء المغلي ، وهذه الطريقة كثيرة التكاليف وتقلل من قوة الأخشاب ومرونتها [2] .

3.2.2.7 - التجفيف بالبخار

و هي طريقة حديثة و كذلك أسرع فهي تتطلب أسابيع قليلة،و تتركز هذه الطريقة في وضع شرائح الخشب في أفران بخار تقوم بتسخين الخشب و امتصاص الرطوبة الزائدة فيه، و تلك هي الطريقة المثالية لتجفيف الأخشاب [3]. شكل رقم (111) يبين صورة لطريقة التجفيف بالبخار .

شكل رقم (111) صورة للتجفيف الخشب بالبخار .

8– تعريف خشب العرعر البربري

يعتبر خشب العرعر البربري من الأخشاب العالية الجودة ، والذي يتواجد بصفة رئيسية في شمال افريقيا ، وينتمي إلى الأشجار الراتينجية ضمن فصيلة السرويات ، ويتميز بعدة خصائص كمتانته العالية وقوة تحمله ، وتم استعمال هذا النوع في مجالات مختلفة ومنها البناء .

يطلق العرعار أو العرعر عامة على تيتراكلينيس أرتيكولاتا ،أو على أنواع من جنس جونيبيروس والجنسان ينتميان إلى فصيلة السرويات ، ويمكن أن نطلق عليه اسم العرعر المفصلي لشكل أوراقه ، وينبغي أن نذكر الاسم العلمي اللاتيني لتمييزه وتفادي الأخطاء المرتكبة من طرف المستعملين له [4] .

---

[1] - Ghomari Fouad , Op cit , p p 42-45 .

[2] - أحمد مصطفى ، خامات الديكور ، ص 37 .

[3] - Forest products laboratory , Op cit , pp 298-299.

[4] - عبد المالك بنعبيد - البيئة الطبيعية والنبات بالمغرب – تقييم وبيوجغرافيا ووظائف وقيم واستخدامات - مؤسسة الملك عبد العزيز آل سعود للدراسات الاسلامية والعلوم الانسانية ، الدار البيضاء ، 2012 ، ص 91 .

تم وصف العرعر من قبل فال Vahl في 1971 باسم : التويا أرتيكولاتا ، بعدها نقلت إلى نوع تيتراكلينيس ، وهي جزء من فرع النباتات البذرية تحت فرع عاريات البذور ، ومن فصيلة الصنوبريات وتنتمي إلى العائلة السروية ، وتعرف أيضا بعرعر شمال إفريقيا أو العرعر المغربي [1] ، وهو نوع متوطن في شمال إفريقيا [2] .

1.8 – الوصف النباتي

العرعر المفصلي هو نوع من وحيدات المسكن بأوراق خفيفة ودائمة ، وتمتلك أغصانا صغيرة مرتبة وسميكة ، وجذعا غير مستقيم ، براعمها مغشاة بواسطة أوراقها الحرشفية المتراكبة فوق بعضها البعض والمتقابلة مثنى مثنى [3]، 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 [4] ، أما قشرتها فهي رمادية فاتحة تصير داكنة مع مرور الزمن ، مشققة طوليا تعبرها القنوات الراتينجية والتي تمدها برائحة مميزة [5] ، ويستخرج من هذه القشرة المادة الراتينجية التي تستعمل في صناعة الورنيش [6]، أما الجذور فهي عادة متفرعة وكثيرة لتثبت الشجرة في التربة الصخرية والمنحدرة ، وتكون مصدرا لتكاثرها [7] . شكل (112) رقم يبين مختلف الأجزاء المكونة للعرعر المفصلي .

[1] - Haddad Ahmed - Etude des caractéristiques anatomique ,chimique et papetiere du bois de Thuya de Berberie (Tetraclinis Articulata Vahl) - Thèse de doctorat en foresterie , Université Aboubekr Blkaid de Tlemcen , SD , p 10 .

[2] - Tarras Mohamed et autres : « Dynamique phytoécologique de Thuya de Berberie face à l'incendie **»,** In foret méditerranéenne , T .XXIX , n°1 , Mars.2008 , p 33 .

[3] - عبد المالك بنعبيد ، المرجع السابق ، ص 91 .

[4]- 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.

[5]- Haddad Ahmed , Op cit , p 10 .

[6] - 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 .

[7] - 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 .

جذع شجرة العرعر البربري

فروع وأغصان وثمار العرعر البربري

شكل رقم (112) صورة للمكونات المختلفة للعرعر المفصلي : الثمار والجذع والأغصان **عن الباحثة**

9 – تجدد ونمو العرعر البربري

يكون تجدد غابات العرعر البربري غير منتظم لاعتماده على الظروف البيئية (طبيعة الأساس، عمق التربة) ، ويكفل التجديد بإطلاق الجذوع لفسائل بعد القطع أو الحرائق[1] ، إذ تعتبر من الصنوبريات القليلة القادرة على النمو من الجذوع ، وتكون كثافة انتشارها بحسب الوسط وتتراوح بين 1000 و 8000 نبتة في الهكتار [2]، كما تعتبر أخشابها من أجود أنواع الأخشاب ، وتحتل المرتبة الثانية من حيث الانتشار بعد الصنوبر الحلبي والبلوط الأخضر ، وتعتبر من الأشجار المعمرة إذ يمكن أن تعيش فوق 400 سنة ، ولها متانة طبيعية ومقاومة عالية للأمراض [3] .

تظهر أولى ثمار العرعر بعد 15 سنة ، وتعرف بأنها بطيئة النمو إذ نادرا ما يتجاوز علوها 6 إلى 8 متر وبقطر حوالي 30 سم لذلك يمكن إدراجها ضمن الشجيرات ، وفي حالات نادرة جدا قد يصل طولها إلى 20 م وبقطر يقارب 1 م [4] .

[1] - Haddad Ahmed , Op cit , p 15 .
[2] - Haddad Ahmed , « Dominique Lachenal et d'autres - Caractéristiques papetières de la pate de bois de thuya de berbèrie (Algérie) (Tetraclinis Articulata Vahl) obtenue par procédé soude-anthoquinone **»,** in : Ann.For.Sci , N° 63 , 2006 , p 493 .
[3] - Maatoug M , et autres ; op cit , p 19 .
[4] - Hadjadj Kouider , « Latreuch Belarouci Assia - Synthèse bibliographique sur le thuya de berbèrie (Tetraclinis articulata Vahl Mast **) »,** In Geo –Eco – Trop , N 41 , 2017 , p 16 .

يتميز العرعر البربري بأنه بطيء النمو سواء من الناحية العرضية أو الطولية ، فينمو طوليا بمقدار 20 سم في السنة حتى عمر 25 سنة ثم يتناقص إلى 10 سم في السنة حتى عمر 60 سنة وبعدها يتناقص تدريجيا ، أما من حيث النمو العرضي أو في قطر الجذع فهو بطيء جدا بالمقارنة مع الأنواع الأخرى ، ففي المراحل الأولى ينمو بـ 3 ملم في السنة حتى عمر 30 عاما ، بعدها تنخفض إلى 1.5 حتى 2.5 ملم في السنة إلى غاية سن الخمسين ، ويتأثر النمو بعمق التربة والتساقط السنوي [1] .

10 – أماكن النمو والانتشار

تستوطن أشجار العرعر الجهة الغربية الجنوبية للبحر المتوسط ، وتوجد بشكل خاص في بلدان المغرب (المغرب ، الجزائر وتونس) إذ يتناقص انتشارها كلما اتجهنا شرقا ، كما نجدها في محطات منفصلة في كل من مالطا ، ومقاطعات سييرا وكارتاجنا بإسبانيا [2].

يغطي انتشار العرعر المفصلي ما مساحته حوالي 930 ألف هكتار تبعا لإحصائيات 1985 ، وهي في تناقص مستمر بفعل الحرائق والاستغلال والرعي [3] ، و وزعت كالآتي :

- 30 ألف هكتار في تونس بالاشتراك مع السنديان .

- 160 ألف هكتار في الجزائر متواجد مع الصنوبر الحلبي ، أما المساحات النقية فموجودة في المنطقة الوهرانية [4] .

- 15 ألف هكتار في إسبانيا [5] .

- 600 ألف هكتار في المغرب الأقصى وتعد البيئة الأنسب لهذا النوع من الأشجار ، ونجده يشكل ثلاث كتل من غاباته ، الأولى تكسو قسطا وافرا من شمال المغرب الشرقي والريف الشرقي ، والثانية تمتد على مساحات واسعة من الهضبة الوسطى ، والأخيرة توجد في مجال الأرغان (اللوز البربري) ما بين الصويرة وإيفني على واجهات الأطلس الكبير الغربي والأطلس الصغير [6] .

---

[1]- Haddad Ahmed , Op cit , p 16 .

[2] - عبد المالك بنعبيد ، المرجع السابق ، ص 91 .

[3]- Haddad Ahmed , Op cit , p 10 .

[4] - Haddad Ahmed , Dominique Lachenal et d'autres ; op cit , p 493 .

[5]- Haddad Ahmed , Op cit , p 10 .

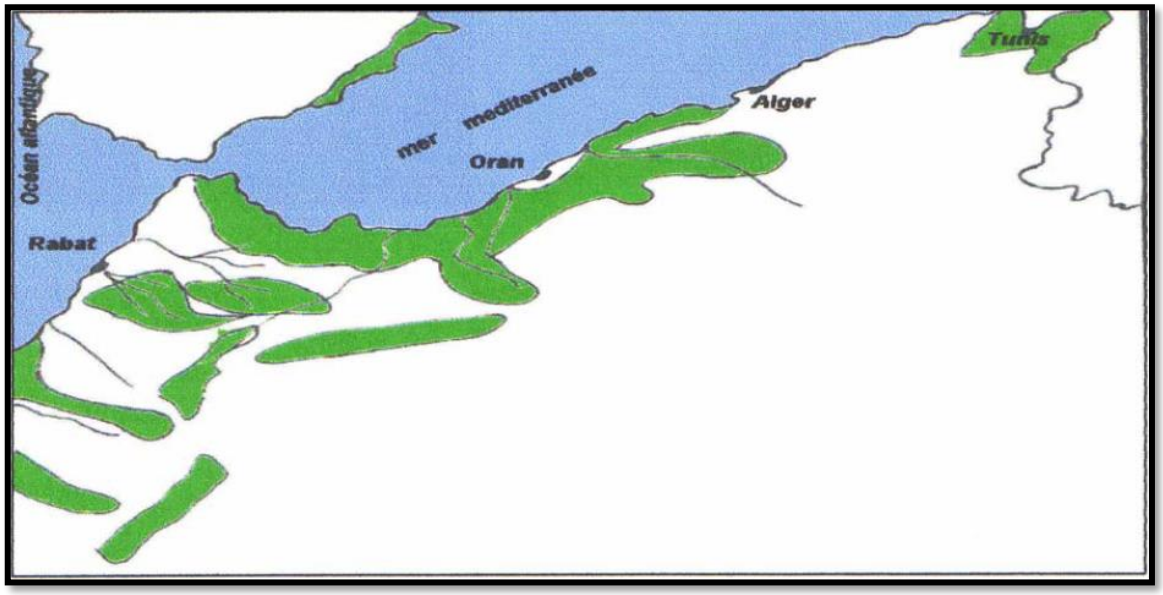
[6] - عبد المالك بنعبيد ، المرجع السابق ، ص 91 .

- أما في الجزائر فقد غطت غابات العرعر مساحة تقدر بـ 161000 هكتار في بداية القرن الماضي ، بينما في نهاية هذه الفترة تتفاوت الأرقام التي تقدمها إدارة الغابات بين 143000 هكتار و 130000 هكتار ، ونجده بكثرة في المنطقة الوهرانية، و في منطقة الجزائر وفي القطاع الفرعي من الهضاب العليا ، في حين أنه نادر جدا في القبائل الكبرى ، و في المنطقة الجزائرية – الوهرانية ، يتواجد العرعر بصفة غير فردية إذ غالبا ما يكون مع الصنوبر الحلبي ، كما أنه ينتشر في كل من دوائر شرشال ، مليانة بعين الدفلى، المدية ، تنس (الشلف) و ثنية الحد (تسيمسيلت) في شكل غابات قديمة تدهورت بسبب الحرائق، كما نجده أيضا في منطقتي دلس والأخضرية في شكل معزول وباقات صغيرة ، و يوجد كذلك في الوادي من وادي الساحل إلى مشدالة و على سفوح التلال الجنوبية من لالة خديجة بجرجرة [1].

كما نجده في المناطق الساحلية في كل من غابة تنس ، القلتة ، واد راس ثم في جميع غابات مستغانم، سيدي بلعباس مع تمركز أكثر في غابات غتارنية ، أوكار، زوج بوريات ، و في منطقة تلمسان يظهر العرعر البربري بين البحر و منطقة البلوط الأخضر "سيبدو" حيث تشكل غابات معزولة ومتدهورة ، ونجده خاصة في جبال طرارة (غابة هنين، بني منير، ندرومة، عين الكبيرة ، بني ورسوس، بني خلاد) بأشكال نقية ، أما في جبال تلمسان فنجده مع البلوط الأخضر والعرعر الأوكسي سادر ، كما نجده أيضا في غابة تامكسالت في السهول التلية في مغنية ،تلمسان والرمشي [2] . شكل رقم (113) يبين خريطة انتشار العرعر البربري سنة 1987 .

[1] - Hadjadj Kouider - Etude de la productivité de thuya de berbérie (titraclinis articulata (Vahl) Masters) dans l'ouest Algérien dans la prospective de développement durable - Thèse de doctorat , Departement des ressources forestières , Université de Tlemcen , 2016- 2017 , p 11 .

[2]- Ibid, p p 12 – 13 .



شكل رقم (113) خريطة انتشار العرعر البربري سنة 1987 .
عنHaddad Ahmed

11 – الطبيعة البيئية للعرعر البربري

يلعب المناخ دورا هاما وفعالا في بيئة العرعر البربري ، إذ يكون انتشاره مرتبط أساسا بالمناخ المتوسطي والشبه الجاف والشبه الرطب ، فهي تعيش في المناطق المعتدلة من حيث الحرارة والتساقط ولا تنمو في المناطق الباردة والرطبة ، لأنها تفضل التعرض للحرارة في المناطق المنخفضة من الجبال ، ويحتاج العرعر لتساقط ما بين 250 – 350 ملم في العام ، وينمو بشكل أكثف في المناطق التي تكون نسبة التساقط فيها ما بين 700 و 800 ملم [1] .

أما عن الحرارة فهي تفضل البيئة التي تتراوح درجة حرارتها ما بين 28 – 38 ° م ، وتنمو في التربة معتدلة الترشيح والمنحدرة المعرضة للشمس ، وتعرف بأنها من النباتات المقاومة وهذه الخاصية جعلتها تنمو في المناطق ذات الأراضي الكلسية الأقل عمقا وفي التربة الحمراء ، ولكن انتشارها أقل في الأراضي الطينية والرملية و المالحة [2] .

[1]- Haddad Ahmed , Op cit , p 14 .
[2] -ElMouridi Mohammed , Op cit , p 13.

وينمو العرعر البربري في الجزائر على تشكيلات ترجع إلى العصر الطباشيري في المنطقة الوهرانية وتنس ، أما في فرندة وتلمسان وسعيدة فتنمو على مناطق تعود للجوراسي ، أما في مستغانم فنجدها على تشكيلات من الزمن الرابع والبليوسان [1].

العرعر البربري جنس ضوئي (يفضل المساحات المشمسة) ،وينمو لوحده أو بوجود أنواع أخرى مثل البلوط الأخضر ، الفلين ، والعرعر الفينيقي ، والصنوبر الحلبي ، يتواجد العرعر على ارتفاع يبلغ أقصاه 1800 م في الأطلس الكبير ، أما عن أدنى ارتفاع فهو مختلف بحسب المنطقة ولكن يتراوح ما بين 800 و 1000 م هذا في المغرب ، أما في الجزائر فينمو على علو أقصاه 1400 م في الجبال الجافة ، ونجدها بالقرب من شاطئ البحر في مستغانم ، أما في تلمسان فنجدها بين 1000 و 1200 م [2] .

أما في المنطقة الوهرانية وغرب الجزائر، فيقتصر وجود العرعر البربري بشكل حصري في المناطق الشبه الجافة المتغيرة الحرارة والرطبة ، وينمو على ارتفاع أقصاه 1400 م ، لأنه غير مقاوم للبرودة، و يتوزع على نطاق واسع من التربة الجيرية ويكون بتشكيلات نقية، ولكن غالبا ما يكون مختلط مع البلوط والصنوبر الحلبي ، لذلك فإن متطلباته مماثلة تماما لمتطلبات الصنوبر الحلبي [3] .

12 – الأهمية الاقتصادية للعرعر

بالإضافة إلى فائدتها البيئية وحفاظها على التربة تعد غابات العرعر مصدرا للعديد من المنتجات في النشاطات الاقتصادية :

- يعطي جذع العرعر المفصلي خشبا حسن الجودة لكن خشب أرومة الأشجار المعمرة ثمينة جدا ، إذ يستعمل في صناعة كثير من أدوات الزينة وأثاث المنزل . [4]

- كما يستخرج من قشرة الجذع مادة راتينجية تدعي الساندرك، والتي تستخدم في صناعة الورنيش والصناعات الصيدلانية [5] .

[1] - Hadjadj Kouider , op cit , p 14.
[2]- Hadjadj Kouider , Latreuch Belarouci Assia , Op cit , pp 17 , 19.
[3] - Hadjadj Kouider , op cit , p 12 .
[4] - عبد المالك بنعبيد ، المرجع السابق ، ص 91 .
[5] -Fidah Abdelwahad , op cit , p 27.

- ومن بين المنافع الأخرى للعرعر الفحم ذو الجودة العالية والقطران ، والأوراق التي تستعمل في الطب الشعبي لعلاج الحمى ومشاكل المعدة وارتفاع ضغط الدم والسكري والدباغة [1] .

- كما تستعمل أخشابه في البناء والتسقيف إذ كان يقطع ما يقارب من 400 جذع في السنة ما بين سنتي 1926 و 1934 من المنطقة الغربية في الجزائر ، كما يمكن أن يستعمل في الصناعات الصيدلانية واستخراج زيوت أساسية من تقطير الأوراق والفروع أو القشرة [2] .

13 – خصائص خشب العرعر البربري

تختلف خصائص خشب العرعر البربري تبعا لمنشئه وظروف نموه وعمره ، ولتوضيح هذه الخصائص فقد اعتمدنا على دراسة تطبيقية لأطروحة دكتوراه للطالب حداد أحمد ، والتي استندت على عينات أخذت من غابات من الغرب الجزائري (تلمسان ووهران) وهي : غابة تاونت بالغزوات ، غابة الزرداب بأم ميمون بتلمسان و غابة ترزيزة بمسرغين بوهران [3] ، وكذلك مذكرة الطالب المغربي الموريدي ومذكرة الطالب فيداح عبد الواحد .

1.13 – الوصف المرفولوجي لخشب العرعر البربري

1.1.13 - المظهر الظاهري

يعتبر خشب العرعر خشبا مثاليا ، ويتكون من منطقتين مختلفتين : الشكير وهي ذات لون مصفر و الجلب ذو لون بني محمر أو وردي، أما مناطق النمو (الحلقات) فهي واضحة و جد ضيقة أو متراصة ، وفي حالة الخشب غير الناضج يكون الجلب غير متطور ويقتصر على وجود النخاع ، أما منطقة الجلب فتنمو وتتميز مع التقدم في العمر حيث تصبح باللون البني المحمر[4] .

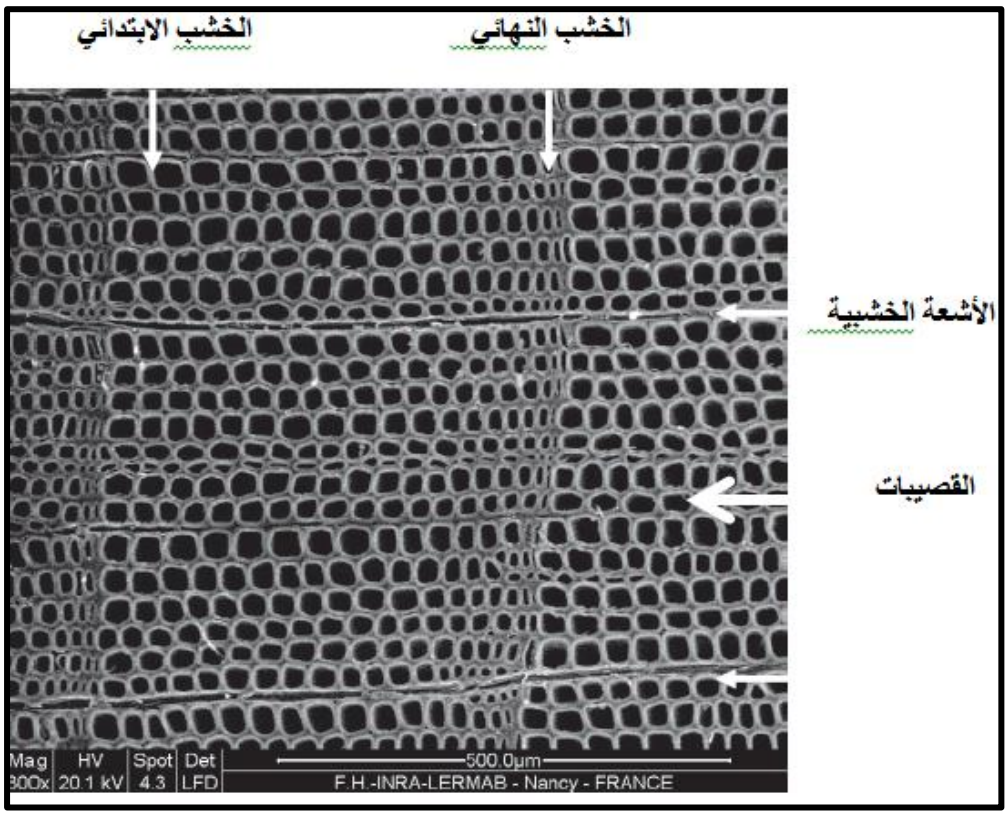
2.1.13- المظهر المجهري

لخشب العرعر البربري هيكل بسيط ومتجانس مثله مثل الأنواع الراتينجية ، ويتميز أساسا بوجود الخلايا الناقلة وهي القصيبات .

---

[1] - Bourkhiss Brahim et autres : « Composition chimique et bioactivite de l'huile essentielle des rameaux de Tetraclinis Articulata », In Bull.Soc .Pharm , Bordeaux , N 146 , 2007 , p 76 .
[2]- Haddad Ahmed , Op cit , p 15.
[3] - Ibid , p 30.
[4] - Ibid , p 36 .

- لقصيبات الخشب الربيع (الخشب الابتدائي) شكل متعدد الأضلاع، رقيقة الجدران و واسعة التجويف، أما القصيبات من الخشب الصيفي (الخشب النهائي) فهي ذات شكل مستطيل، سميك الجدران و ذات تجاويف صغيرة ، ويتراوح طولها من 0.8 إلى 2.7 ملم وسمك جدارها بين 3 و 10 ميكرون [1]، أما الثقوب في القصيبات المحورية في الخشب الأولي فهي مستديرة متموضعة في خط واحد وأحيانا تكون مزدوجة ومرتبة بالتناوب ، ولا تكون موجودة في القصيبات في الخشب النهائي ، والتي تكون مضلعة ولكن من دون تغلظ حلزوني [2] . شكل رقم (114) صورة مجهرية لمقطع عرضي في خشب العرعر البربري .



شكل رقم (114) صورة مجهرية لمقطع عرضي خشب العرعر
عنHaddad Ahmed

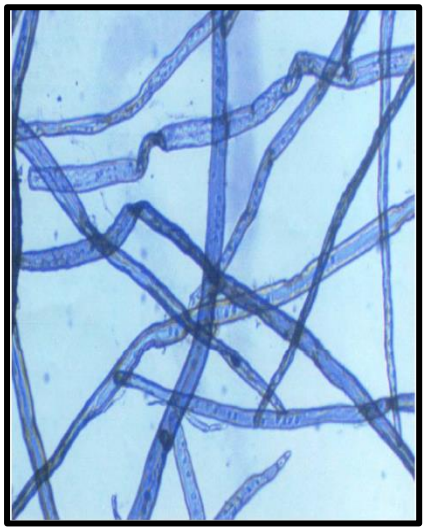
[1] -Haddad Ahmed , Dominique Lachenal et d'autres ; op cit , p 494 .
[2] - Haddad Ahmed , Op cit , p 37 .

- أما البرانشيما المحورية فهي أقل ظهورا وذات خلايا صغيرة تنتشر بين الأنسجة الليفية ، في حين أننا لا نجد القنوات الراتنجية في الخشب ، وبدلا من ذلك تظهر في القشرة وتفرز راتنج مميز .

- أما الأشعة الخشبية فهي في شكل حزم ، تتكون من خلية إلى 16 خلية في الشعاع .

- القصيبات الأفقية غير موجودة في حين يحتوي حقل النمو على تنقيط من 1 إلى 3 ، وتكون التنقيطات مجمعة ولها ترتيب مائل مع شكل مستدير أو بيضاوي [1]. الشكل رقم (115) صورة مجهرية لمقاطع من خشب العرعر ، والشكل رقم (116) صورة مجهرية للقصيبات .

شكل رقم (115) صورة مجهرية لمقاطع من خشب العرعر عنHaddad Ahmed



شكل رقم (116) صورة مجهرية للقصيبات عنHaddad Ahmed

2.13 – التحليل البيومتري لخشب العرعر البربري

من أجل تسليط الضوء على التباين التشريحي الذي يمكن أن يترجم بتأثير الظروف البيئية ، ونوع منطقة الخشب (خشب الشكير ، خشب الجلب) ، وتم التركيز على خلايا الأشعة الخشبية والقصبات .

[1]- Haddad Ahmed , Op cit , p 37

1.2.13- الأشعة الخشبية

يكون شكلها واتجاها بحسب الاتجاه الشعاعي (الطولي)، وتتكون من خلايا برانشيمية طولية ذات سلسلة واحدة أو متعددة السلاسل ، يمكن أن يصل سمكها إلى عدة مئات من الميكرومتر (في الاتجاه المماسي) ، وعدة سنتيمترات في الاتجاه الطولي .

1.1.2.13- عدد الأشعة الخشبية

ويشير تحليل التباين إلى أن أثر المصدر كبير ويكشف عن اختلاف بين ثلاثة مواضع فيما يتعلق بمعيار عدد الأشعة في ملم . ويبدو أن هذا التغير يتأثر بالظروف البيئية. ومن الواضح أن العينات المجلوبة من الغزوات لها أشعة أكثر مقارنة بالاثنتين الأخريين. ويلاحظ ان عدد الأشعة منخفض لعينات أم ميمون .

عدم وجود اختلافات بين خشب القلب و خشب الشكير يعني أن المعيار المعني مستقر خلال حياة الشجرة، ويظهر وجود التفاعل بين نوع الخشب ومصدره أن كل شجرة تتفاعل بطريقة مختلفة تبعا للمكان الذي تزرع فيه. وعموما، فإن عدد الأشعة لكل ملم لخشب العرعر البربري يتراوح بين 4 و5 ملم .

2.1.2.13 – ارتفاع الأشعة الخشبية

الأشعة الخشبية في العرعر البربري تتكون من سلسلة واحدة ، وعدد الخلايا في الشعاع الواحد يختلف من 1 إلى 20 خلية في المتوسط ، لأننا نلاحظ وجود بعض الأشعة الصغيرة التي تتكون من 1 إلى 3 و 4 إلى 6 خلايا ، في حين أن الأشعة التي تتكون من أكثر من 10 خلايا قليلة وتمثل ما نسبته 6٪ كحد أقصى ، ويبدو أن توزيعها متماثل في العينات المختلفة ، مع عدم وجود فرق بين خشب القلب والشكير ، ويقدر متوسط ارتفاع هذه الأشعة بين 1 ميكرومتر إلى 90 ميكرون [1]. جدول رقم (05) ارتفاع الأشعة الخشبية

[1]- Haddad Ahmed , Op cit , pp 40, 42.

جدول رقم (05) : ارتفاع الأشعة الخشبية

العينات	مسرغين		أولاد ميمون		الغزوات	
عدد الخلايا/الأشعة	الشكير	الجلب	الشكير	الجلب	الشكير	الجلب
3-1	10.35	12.9	10.75	13.6	10.2	9.2
6-4	13.25	12.1	11.9	10.05	11.45	12.45
9-7	5.3	6.1	7.3	5.25	7.6	5.5
≥10	1.3	1.25	3	1.4	2.05	2.45
المجموع	**30.2**	**32.35**	**32.95**	**30.3**	**31.3**	**29.6**

2.2.13 - القصيبات

1.2.2.13 – طول القصيبات

للعرعر البربري تشكيل مورفولوجي متباين من الألياف . حيث أن طول القصيبات من العينات الثلاثة متماثلة و ألياف الخشب الورقي التي تتراوح بين 0.8 إلى 1.5 ملم، بينما في حالة الخشب اللين يتراوح طولها بين 2 إلى 3.5 ملم ،أما في حالة العرعر البربري فطول القصيبات أكبر من 2 ملم ، وتتجاوز بالكاد نسبة 20٪ ، مع وجود نسبة مرتفعة(24٪) من القصيبات التي يكون طولها أقل من 2 ملم ، وترجع الاختلافات في المقام الأول إلى تأثير الظروف الإيكولوجية، ولا سيما الظروف المناخية، أما فيما يخص التأثير النموذجي للخشب فهو ليس كبيرا، ويقدر متوسط طول القصيبات في العرعر البربري بين 1.1 إلى 1.4 ملم[1].

2.2.2.13 – عرض القصيبات

يختلف متوسط عرض الألياف تبعا لمصدرها، ولا يتأثر العرض بعامل الخشب النموذجي ، وفي جميع الحالات يتراوح عرض القصيبات بين 30-40 ميكرون مع توزيع مشتت ناتج عن عدم التجانس في حجم القصيبات مع غلبة القصيبات ذات العرض الصغير، و المعدل

[1] - Haddad Ahmed , Op cit , p 44.

العام هو 34.5 ميكرون ، وهي القيمة التي تقع في نطاق العرض لحالة الصنوبريات (30 - 60 ميكرون) [1].

3.2.13- عرض اللومان وسمك الجدران

اللومان هو الجزء المجوف من الخلية ، يرجع الاختلاف في أبعاد القصيبات الخشبية إلى التباين المورفولوجي ، والذي ويرتبط أساسا بظروف السنة النباتية التي تؤثر على تشكيل خشب الربيع وخشب الصيف ، و بشكل عام تتكون الأنسجة الليفية من نوعين من القصيبات الخشبية ، واحدة لها جدران رقيقة وواسعة التجويف ، والأخرى ذات جدران سميكة وتجويف ضيق ، يختلف عرض التجويف من 7.5 إلى 45 ميكرون في حين أن سمك الجدران يختلف من 3 إلى 10 ميكرون ، وتوجد هذه القيم في جميع الصنوبريات، ويمكن تقدير متوسط سمك الجدار بحوالي 6 ميكرون[2] .

3.13 - التركيبة الكيميائية لخشب العرعر

تم الاعتماد على نتائج أجريت في اطار مذكرة دكتوراه ، على عينات من الغرب الجزائري لثلاث محطات ، مع تمييز عينات من خشب القلب و الشكير، وكذلك مذكرة دكتوراه من المغرب للطالب فيداح عبد الواحد ، وكانت النتائج كالآتي :

1.3.13 - السليلوز

يزيد محتوى السليلوز على طول قسم الخشب من خشب القلب إلى الخشب اللين (الشكير) ، والذي يقابل بانخفاض في مستوى اللجنين ، وهذا هو السبب في أن الخشب الابتدائي يحتوي على نسبة من السليلوز بالمقارنة مع الخشب المتأخر [3].

وتظهر نتائج وجود اختلافات في نسبة السليلوز تبعا للمصدر ومكان أخذ العينات (القلب أو الشكير) ، وعلى العموم فإن كمية السليلوز في حالة العرعر البربري تختلف ما بين 40 و 42٪ ، اعتمادا على ما إذا كانت من خشب القلب أو الخشب اللين ، يبدو أن هذا المحتوى

[1] - Haddad Ahmed , Op cit , p 46.
[2] - Ibid, p 48.
[3]- Ibid, p 67 – 68 .

هو الموجود في الأخشاب اللينة التي تنمو في المنطقة المعتدلة، وبشكل خاص في مناخ البحر الأبيض المتوسط [1].

2.3.13– اللجنين

لخشب العرعر البربري تركيبة كيميائية مماثلة للأخشاب اللينة ولكنها تتكون من نسبة لجنين أكثر تتراوح ما بين (35% – 40 %) ، في حين تتراوح في الأخشاب اللينة بين (25 – 30 %) [2] ، وكشف التحليل وجود فرق كبير بين مناطق الخشب، إذ ترتفع نسبة اللجنين في القلب نتيجة انقسام الكربوهيدرات ، بنسبة 8٪ مقارنة مع خشب الشكير ، كما هناك فروق راجعة لمصدر العينات ، ويمكن القول أن خشب العرعر البربري يختلف عن الخشب اللين في محتواه العالي من اللجنين ، وخاصة في حالة القلب ، وهذا ما يفسر كثافته ومقاومته بالمقارنة مع الأخشاب اللينة الأخرى ، و متوسط قيم اللجنين هي 32٪ في الشكير و 36٪ لخشب القلب، وهي القيم التي نجدها في أنواع مثل الجونيبوروس [3].

3.3.13– البنتازون

يكشف تحليل مستويات البنتازون فرقا كبيرا جدا بين خشب القلب وخشب الشكير ، ويكشف هذا التحليل معلومات عن كمية الهميسيليلوز ، وكلما زاد تخشب duraminisation الخشب انخفض محتواه من الهيميسليلوز ، كما يرجع الفرق إلى طبيعة البيئة وعمر الخشب[4] . جدول رقم (06) يبين كمية البنتازون ، وجدول رقم (07) يبين كمية الهميسليلوز

جدول رقم (06) : كمية البنتازون في خشب العرعر البربري

	مسرغين	أولاد ميمون	الغزوات	المعدل
الشكير	11.9	11.51	12.1	11.83
الجلب	9.3	8.97	9.96	9.41

[1]- Haddad Ahmed , Op cit , p 67 – 68 .
[2] -Haddad Ahmed , Dominique Lachenal et d'autres ; op cit , p 494 .
[3]- Haddad Ahmed , Op cit , p69 .
[4] -Ibid , p69 - 70 .

جدول رقم (07): كمية الهميسليلوز في خشب العرعر البربري

	مسرغين	أولاد ميمون	الغزوات	المعدل
الشكير	20.1	21.07	20.43	20.5
الجلب	14.25	13.8	14.67	14.24

4.3.13 – المستخلصات

تختلف المستخلصات في الجنس الواحد بحسب طبيعتها ومحتواها تبعا لعمر الشجرة، ومستواه من الشجرة، و ترتفع نسبة المستخلصات في خشب القلب كلما ابتعدنا عن النخاع، ليصل إلى الحد الأقصى في الحدود بين القلب والشكير ، ويكون معدل المستخلصات ثابت نسبيا في الشكير ، في حين تنخفض نسبتها في القلب عندما يزيد ارتفاع الشجرة ، ويبدو أن خشب العرعر البربري يظهر فارقا ملحوظا من حيث كمية المستخلصات حسب نوع الخشب. وتكون المستخلصات مرتفعة في خشب القلب عن الشكير في خشب العرعر البربري ، كما يحتوي خشب القلب على نسبة مرتفعة من المستخلصات العضوية ونسبة قليلة من المستخلصات المائية مقارنة مع خشب الشكير . مجموع المستخلصات في خشب القلب تصل إلى 9٪ ، بينما لا تتجاوز 6٪ في خشب الشكير[1]. مما يدل على أن تصلب الخشب يزيد في نسبة المستخلصات بنسبة 3٪ وبمعدل قدره 50٪، وهذا الذي يفسر قوة لون خشب القلب في العرعر البربري ، كما تلعب دورا في الحفاظ عليه من الحشرات والأمراض [2].

5.3.13 - الرماد

تحتوي النباتات الغنية بالسليكا نسبة عالية من المواد غير العضوية أو الرماد ، ولكن في حالة الخشب هذه المواد بالكاد تتجاوز نسبة 0.5٪ ، و تختلف تبعا للأنواع ووفقا لظروف بيئة النمو ، وقد أظهرت النتائج بعد حرق عينات من خشب العرعر البربري في فرن حرارته (800 ° م) لمدة 4 ساعات، قيمة عادية للرماد وتقدر بـ 0.29 % [3] ، كما تختلف نسبة

[1] - Haddad Ahmed , Op cit , p 71.
[2] -Ibid , p 71.
[3] - Idem , p 72 .

الرماد بحسب مكان أخذ العينات من الخشب نفسه إن كان من الشكير أو الجلب ، إذ تقدر بـ 0.27 % في منطقة الشكير في الخشب المسن ، وبـ 0.3 % في منطقة الجلب من نفس النوع ، في حين نجد 0.28 % في الخشب الطري (الشاب) [1].

4.13 - الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري

لم نستطع الحصول على معلومات كثيرة فيما يخص الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري ، نتيجة لقلة الدراسات من جهة وعدم نشرها من جهة ثانية ، ولكن ارتكزت على بعض الأبحاث التي استطعت الوصول إليها منها ما هو من الجزائر والأخرى من المغرب.

1.4.13 – الكثافة

اعتمادا على دراسة الخواص الميكروكثافية للباحث معتوق من جامعة تيارت (الكثافة المتوسطة، كثافة الخشب الابتدائي، كثافة الخشب النهائي، عرض الحلقات، عرض حلقات الخشب الابتدائي، عرض حلقات الخشب النهائي وتركيبة الخشب) لخشب العرعر البربري وعلاقتها بظروف النمو، سمحت النتائج بطريقة تحليل التباين بإظهار شدة اختلاف هذه الخواص بين حلقات النمو وكذا بين المحطات .فقد بدا واضحا تأثير المحطة و الشجرة في هذه الخواص. [2] إن المحطة أو الغابات الموجودة في الارتفاعات العالية والتربة الجيرية و المناخ شبه القاري تعطي دوما صفات ممتازة لكثافة الخشب ، رغم شدة تأقلم هذه الشجرة مع محيطها ، فكلما كان هناك قصيبات أكثر كانت كثافة الخشب أكبر وهذا ما يجعله أمتن وأقوى [3] ، وتقدر كثافة خشب العرعر بـ 0.58 غ/سم^3 ، في حين تكون الكثافة لخشب تضخم الجذعla loupe de thuya حوالي 0.793 غ/سم^3 ويفسر هذا الارتفاع بوجود نمو مفرط في اللون الداكن بشكل بقع ، وعند رؤيتها تحت المجهر تظهر نمو كبير في سمك جدران خلايا القصيبات مما يؤدي إلى التقليل من المسامية وزيادة الكثافة [4].

[1] - Fidah Abdelwahed ; op cit , p 27.

[2]- محمد معتوق ، عابد شريط :" تأثير بعض العوامل البيولوجية والبيئية في الخواص الأساسية لخشب التويا البربرية " ، مجلة علوم وتكنولوجيا ، جامعة منتوري قسنطينة ، عدد خاص ، جوان 2002 ، ص 8-11 .

[3]- Maatoug M , et autres ; op cit , p 19 , 27 .

[4] - El Mouridi M et autres : « caractérisation physique du bois de la loupe de thuya (Tetraclinis Articulata Vahl Masters » , In : physical chemical News , N° 59 , 2011 , p 59 .

2.4.13 - الانكماش

يعتبر خشب العرعر البربري من الأخشاب التي لها انكماش ضعيف ، ويرجع ذلك لكثافتها ، فلها عدم تجانس ضعيف ، كما أن التقلص الحجمي لها ضعيف مقارنة بالأنواع الأخرى مما يعطي استقرارا في الأبعاد ، ولوحظ أن التقلص في الاتجاهات المختلفة بالنسبة لخشب تضخم الجذع la loupe de thuya للعرعر البربري أقل بالمقارنة مع خشب العرعر العادي[1] . والجدول رقم (08) يبين نتائج الانكماش لخشب تضخم الجذع وخشب العرعر ، والجدول رقم (09) يبين نتائج معامل عدم التجانس لخشب العرعر .

جدول رقم(08): نسبة الانكماش لخشب العرعر البربري

	خشب تضخم الجذع (الموريدي)				خشب العرعر (فيداح)
	الأقل	الأقصى	المعدل	متوسط الثقة لـ95%	
الانكماش القطري	1.07	4.08	2.55	0.15	4.6
الانكماش المماسي	1.73	4.76	2.89	0.13	5.5
الانكماش الطولي	0.37	3.34	1.89	0.16	/
الانكماش الحجمي	5.43	9.46	7.51	0.22	11.6

جدول رقم (09): معامل عدم التجانس لخشب العرعر البربري

	خشب تضخم الجذع		خشب العرعر البربري (قاعدة معطيات CIRAD)
معامل عدم تجانس الانكماش	**المعدل**	**متوسط الثقة لـ95%**	**المعدل**
عرضي R_R/R_T	0.91	0.07	0.84
مماسي R_L/R_T	0.69	0.07	0.12
قطري R_L/R_R	0.82	0.10	0.15

[1] - El Mouridi M et autres, op cit , p p 60 – 62 .

5.13 - الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري

لخشب العرعر البربري خصائص ميكانيكية جيدة ، باستثناء عند الانكسار العرضي إذ تعتبر القيمة منخفضة نوعا ما باعتباره من الأخشاب الصلبة [1] ، إذ يقدر معدل مقاومة الضغط في الاتجاه الموازي بـ 56.68 ميغا باسكال [2] ، في حين تزداد هذه القيمة في خشب الكتلة [3] . والجدول رقم (10) الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري .

جدول رقم (10) : الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري

مقاومة الضغط في الاتجاه الموازي (ميغا باسكال)	مقاومة القص (ميغا باسكال)	ثابت الانكسار عند الانحناء السكوني (ميغا باسكال)
56.68	13.6	132.78

6.13 - استعمال خشب العرعر البربري في قلعة الجزائر

1.6.13 - الاستعمال من الناحية الانشائية (البناء)

تم استعمال خشب العرعر البربري في قلعة الجزائر في التسقيف ، كتدعيمات داخل الجدران، أسفل الأعمدة ، بين التاج ومنابت العقود وفي أطر الأبواب والنوافذ ، وفي عمل ظلات للأبواب الخارجية للحماية من الأمطار والشمس . شكل رقم (117) صور عن استعمال خشب العرعر في القلعة .

[1] - ElMouridi M , op cit , p 19 .
[2] -Fidah Abdelwahed ; op cit, p26.
[3] - Ibid , p 58.

شكل رقم (117) صورة عن الاستخدامات الانشائية لخشب العرعر في قلعة الجزائر .
عن الباحثة

2.6.13 - الاستعمال من الناحية الجمالية

استعمل خشب العرعر أيضا في الجانب الفني في قلعة الجزائر ، حيث نجده في الدرابزين ، كما استعملت أنواع أخرى من الأخشاب معه كأخشاب الصنوبر وخشب الأرز ، ونجدها في الأبواب والنوافذ وفي أطرهما ، وفي مقصورة الداي ، وفي المشربيات في قصر البايات . شكل رقم (118) صورة للدرابزين

شكل رقم (118) صورة للدرابزين في قصر الداي
عن الباحثة

14 - الخلاصة

استعمل الخشب منذ القدم في ميادين مختلفة بالنظر لبنيته والخصائص التي يتمتع ، وتنقسم الأخشاب إلى طبيعة واصطناعية ، و تنقسم الأخشاب الطبيعية إلى لينة وصلبة تبعا لنوع الأشجار إما ورقية أو راتينجية ، وتختلف خصائص الخشب بالنظر للنوع الذي تنتمي إليه .

وبالنظر لهذه الخصائص فقد استخدم في جميع الحضارات ، كما تم الاستعانة ببعض الآلات من أجل عملية التقطيع والزخرفة .

ومن بين أنواع الخشب نجد العرعر البربري وهو فصيلة تنمو في شمال إفريقيا أساسا ، ويتركز في محطات معينة ويعتبر من الأخشاب الصلبة المقاومة .

تعتبر قلعة الجزائر من بين المواقع الأثرية التي تم استخدام الخشب فيها بصفة كبيرة ، حيث استخدم في الجانب الإنشائي والتجميلي .

الفـــصل الثالث:

تلف وصيانة الخشب الأثري

الفصل الثالث : تلف وصيانة الخشب الأثري

تمهيد

1- عوامل تلف الخشب

1.1- عوامل التلف الداخلية

2.1- عوامل التلف الخارجية

2 - مظاهر تلف الخشب

3- صيانة الخشب

1.3- مواد الصيانة والترميم

2.3- الأدوات المستخدمة في علاج الخشب

3.3- أساليب ترميم وعلاج الخشب الأثري

4 - الخلاصة

تمهيد :

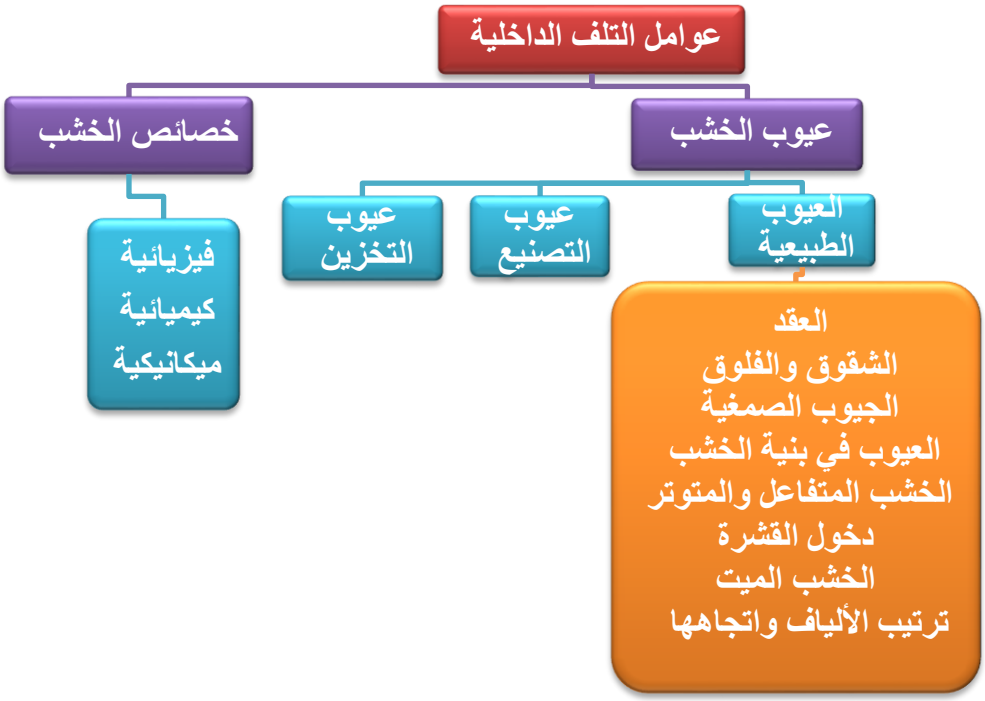
تتعرض المواد الخشبية للعديد من عوامل التلف نظرا لطبيعتها العضوية وخصائصها ، فتتفاعل هذه الخصائص مع مختلف عوامل التلف ، منتجة في الأساس تأثيرا ومظاهرا سلبية مختلفة على المواد الخشبية بحسب المكان والبيئة الموجودة فيها والاستعمالات والأدوار التي تؤديها ، وأهم هذه العوامل على الإطلاق هو العامل البيولوجي الذي قد يؤدي إلى الفقدان التام للمادة الخشبية في وجود الظروف المناسبة ، زيادة على العامل الفيزيائي المتمثل في الرطوبة والحرارة والضوء ، ويمكن أن تعمل هذه العوامل مجتمعة أو منفردة لتنتج مظاهر تلف مختلفة ، وهذا ما يؤدي إلى اختلاف في طرق ومواد الصيانة والترميم الخاصة بالخشب.

1- عوامل تلف الخشب

التلف هو تغير وتحول يصيب الخشب بفعل العوامل المختلفة (بيولوجية ، فيزيائية ، ميكانيكية) ، ما يؤدي إلى تغير في خصائصه الأولية وفقد لمتانته و مقاومته ، كما قد ينتج عنها فقد كلي للمادة الخشبية إن لم تتخذ الاجراءات المناسبة . وبما أن الخشب مادة عضوية فهو يتلف إما بعوامل داخلية أو خارجية ، ويتعرض إلى التآكل ، التعفن ، الاعوجاج ، الاصابة بالفطريات والحشرات ، وأيضا التغير في الشكل والتركيب الخلوي نظرا لتعرضه لتغيرات كثيرة من الحرارة والرطوبة والضوء .

1.1 – عوامل التلف الداخلية

تشمل العوامل الداخلية للتلف تأثير مختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب ، كالكثافة و الصلابة والنوع الذي ينتمي إليه الخشب ، إضافة إلى تأثير مختلف القوى الميكانيكية واتجاه تطبيقها ، لأنه إن لم يتم استعمال الأخشاب باتجاهات مناسبة سيكون هناك تأثير سلبي على المبنى ، زيادة على الأضرار المرتبطة بالأشجار أو العيوب الطبيعية وهي مختلف العيوب التي تتعرض لها أثناء فترة النمو، والتي تؤثر على مختلف خصائص الخشب وتقلل من متانته ومقاومته ، أو العيوب الناتجة عن عملية التخزين والقطع والتصنيع ، والشكل رقم(119) يلخص مختلف العوامل الداخلية المؤثرة في تلف الخشب .



شكل رقم (119) مخطط لعوامل التلف الداخلية للخشب عن الباحثة

1.1.1 – عيوب الخشب

تحدث هذه العيوب أثناء عملية نمو الأشجار أو تكون ناتجة عن التجفيف أو التخزين ، فيمكن أن تنتج انحرافات في النمو الطبيعي للجذع بسبب الرياح أو غيرها ، كما يمكن أن تصاب الشجرة بالفطريات والجراثيم ، أو أن تنتج عن عملية القطع والنقل ، أو عند قطع الأخشاب قبل النضج أو بعد سن الشيخوخة ، وتؤدي هذه العيوب بالإخلال بالخصائص الفيزيائية والميكانيكية وبجمال المواد الخشبية [1] ، كما يمكن أن تنتج هذه العيوب أثناء عملية التجفيف أو التصنيع عند القطع أو عند التخزين .

1.1.1.1- العيوب الطبيعية

أولا - العقد : هي نقط التقاء الفروع بالساق الرئيسي للشجرة ويتسبب وجودها في صعوبة تشكيل وتشغيل الخشب وتنقص من جودته ومتانته ، كما يمكن أن تحتوي هذه العقد مواد صمغية [2]، وتكون هذه العقد إما سليمة أو متعفنة ومتغيرة اللون أو ميتة تنفصل بعد جفافها [3].

[1] - سطاس محمد راتب ، سعود أنور أوس ، المرجع السابق ، ص 229 .
[2] - محمد عبد الله إبراهيم - علاج وصيانة التحف الخشبية عناصر معمارية - فنية - زخرفية - ط1 ، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر والتوزيع ، الإسكندرية ، 2012 ، ص 82 .
[3] - Barette J. P , Hazard C , Mayer J - Mémotech , Bois et matériaux associes - Edition delagrave , Paris , 2013 , p 36 .

ثانيا ـ التشققات والفلوق والشروخ : وهي انقطاعات وانفصالات في بنية الخشب على مستوى الألياف إما في الاتجاه الطولي للجذع أو بشكل مستعرض كانفصال الحلقات السنوية عن بعضها البعض ، و السبب فيها اضطراب في النمو أو نتيجة لخطأ في عملية التجفيف أو التعرض للصقيع ، ويمكن أن تكون نجمية ، حلقية ، طولية مستمرة أو متقطعة ، وتعمل هذه الشقوق على إضعاف بنية الخشب وتصعب عملية القص وتؤثر على مظهر الخشب [1] .

ثالثا ـ الأكياس أو الجيوب الراتنجية: هي عبارة عن أكياس مغلقة تتخلل نسيج الخشب تكون مليئة بالمواد الراتنجية ، و حيث توجد هذه الأكياس فإن الخشب يكون فارغا مما يضعفه عند زوال هذه المادة [2] ، وتتكون نتيجة لتمايل الأشجار إذ تنفصل طبقتي الكامبيوم وعصير الخشب مما يتسبب في تدفق الصمغ في التجاويف ، يمكن تجاهل الجيوب الصمغية التي يقل عرضها عن2 ملم، وطولها عن 2 سم ، يجب الحذر في استخدام هذه الأخشاب بالمناطق الحارة، حيث أن هذا الصمغ يتحول إلى سائل في درجات الحرارة العالية ، ونجدها خاصة في الأشجار الراتينجية كالصنوبر مثلا والعرعر البربري .

رابعا ـ العيوب في بنية الخشب : تنتج هذه العيوب عن النمو غير الطبيعي لجذوع الشجار وتعرضها للرياح وتتمثل في : الالتواء وانحراف الطبقات وميلها بحسب الألياف ، جنوح المركز نتيجة تضخم الجذع ، ووجود المركز المضاعف في حالة بعض الأشجار التي لها ساقان متداخلان أو أكثر [3] .

خامسا – الخشب المتفاعل والمتوتر أو الشد : الخشب المتفاعل هو الخشب الناتج عند تعرض الأشجار إلى إجهادات خارجية والتي تؤدي إلى حدوث خللا في توازنها ، وذلك بانحراف الساق أو الجذع بدرجتين عن الاتجاه العمودي ، ولتعديل ذلك يزداد نمو الخشب في الاتجاه القطري من الجانب السفلي إلى العلوي من الساق أو الأغصان لإرجاعه إلى الاتجاه العمودي أو لحفظ وحماية الأغصان ، والخشب المتفاعل يمثل قدرة الشجرة على التأقلم مع محيطها ، ويسمح بإعادة توجيه هندستها لحمايتها من الانكسار، ونتيجة هذا النمو يكون المقطع العرضي للساق أو الجذع بشكل بيضوي ، حيث تتشكل حلقات غير مركزية وتكون

[1] - محمد راتب سطاس ، أنور أوس سعود ، المرجع السابق ، ص 231- 233 .
[2] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 84 .
[3] - Barette J. P , Hazard C , Mayer J , Op cit , p 37 .

بشكل أساسي في المناطق التي تخرج منها الفروع من الجذع ، وهذا ما يؤدي إلى عدم تجانس في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب ، ويوجد هذا النوع بشكل أساسي في الأشجار الراتينجية [1].

أما **خشب التوتر أو الشد** فينتج في بعض أنواع كاسيات البذور ذات الفلقتين ، ويكون لإصلاح وإعادة توجيه الفروع والجذوع التي خضعت لإجهاد خارجي ، وينتج في الأخشاب الورقية ويكون بلون أبيض فضي ، ويؤدي إلى نقص نسبة الأوعية بالمقارنة مع الألياف ما ينتج عنه نقص في قطر المسامات فيه بالمقارنة مع الخشب العادي ، ويكمن الفرق الأساسي في البنية المجهرية لجدران الألياف حيث نجد طبقة خاصة في الجدار الثانوي ، وهي طبقة هلامية حيث يمكن للبيفات المجهرية للسليلوز أن يكون اتجاهها موازي للمحور الطولي للخلايا ، إذ يمكن أن تضاف إلى الجدران الثانوية ، أو أن تأخذ مكان الطبقة S_3 ، أو أن يقتصر تركيب الجدار الثانوي على S_1 والطبقة الهلامية ، كما تعمل هذه الطبقة من رفع نسبة السليلوز في الخشب والتقليل من نسبة اللجنين وهذا ما يؤدي إلى التأثير على الخواص الكيميائية والميكانيكية للخشب الناتج [2] .

سادسا ـ دخول القشرة: بسبب اضطراب في نمو الشجرة تندمج قطعة من القشرة الخارجية مع خشب الجذع ، و هي بقع داكنة طرية و تؤدي إلي وجود فراغات و ثقوب تهدد صلابة الخشب [3] .

سابعا- الخشب الميت :يكون نتيجة لقطع الأشجار بعد سن الشيخوخة تكون بلون أحمر، كما يمكن أن يحدث تجوف في الخشب [4]، يكون عادة ضعيف لمقاومة قوى الضغط، والشد، والانحناء، والقص ،لهذا يجب ألا يستخدم هذا الخشب في الأعمال الإنشائية الحاملة كالأسقف والدعائم [5].

[1] - Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin - chimie du bois - p 72.
[2] - Idem , p 75 .
[3] - Barette J. P , Hazard C , Mayer J , Op cit , p 37 .
[4] - وارنر هيرت - أشغال النجارة العامة الأسس التكنولوجية - ترجمة : عبد المنعم عاكف ، دار الأهرام ، دار النشر الشعبية للتأليف ، لاينبرغ ، جمهورية ألمانيا الديموقراطية ، 1970 ، ص 18.
[5] - محمد حسين صالح - هندسة المباني والانشاءات - الجزء الأول مواد البناء ، ط 2 ، دار الكتب المصرية ، القاهرة ، 1930 ، ص 162.

ثامنا ـ ترتيب الألياف واتجاهها : للأخشاب عادة اتجاه مستقيم عمودي ، وأي انحراف عن هذا يعد عيبا يقلل من متانة الخشب ، ويتم استخدام هذه الأخشاب في مجال النجارة بشكل كبير لأنها تعتبر خصائص جمالية في الخشب ، ومن بينها :

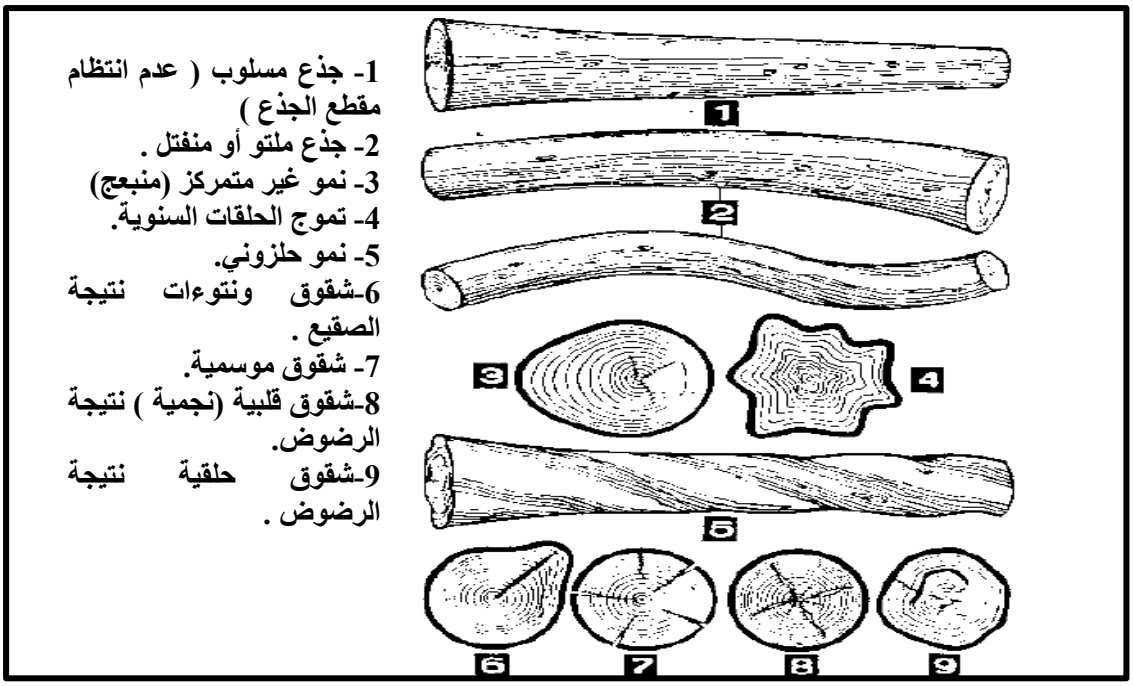
– **الترتيب المتشابك :** وهو يظهر عند نمو الأشجار التي بها ترتيب منعكس حيث تظهر الألواح في القطاع المماسي كأنها مخططة طوليا ويؤدي هذا الترتيب إلى انخفاض صلابة الخشب ومقاومته للانحناء [1].

– **الترتيب الحلزوني :** وهو يحدث في بعض أنواع الأخشاب الصلدة والعديد من المخروطيات ، حيث ترتب الألياف حلزونيا داخل الساق الشجرية ويؤدي أيضا إلى التقليل من متانة الخشب [2].

– **الترتيب المتقاطع** : يحدث عند انحراف اتجاه الألياف لتصبح متقاطعة مع اتجاه محور الخلايا الخشبية نفسها .

– **الترتيب المائل :** يظهر نتيجة حدوث انقطاع في نمو الألياف مما يؤدي إلى ترتيبها بصورة مائلة عن الاتجاه الطولي ، مما يضعف من مقاومة تحمل الخشب وأوضحت النتائج أن مقاومة الكمرات (الروافد) والأعمدة الخشبية تقل بحوالي 50% إذا كان ميل الألياف بحوالي 1/ 60 ، لذلك ينبغي استبعاد هذه الأخشاب من الاستعمال في المنشآت [3]. الشكل رقم (120) العيوب الطبيعية للأخشاب .

[1] - Venet .J , Identification et classement des bois français , p 259.
[2] - Idem , p p 257 , 259.
[3]- محمد عبد الله إبراهيم ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، 83 .



شكل رقم(120) العيوب الطبيعية للأخشاب. عن وارنر هيرت بتصرف

2.1.1.1 - العيوب الناتجة عن التصنيع

تظهر في الأخشاب نتيجة لقصور في التجفيف أو عدم إزالة المستخلصات والعصارة ، ولذلك فمن الممكن أن تصاب الأخشاب بالعفن والتبقع أو ظهور بعض الشقوق الطولية ، أو انكماش وتكسر في الألياف نتيجة الرضوض التي تصيب الأشجار عند قطعها وسقوطها [1] .

3.1.1.1- العيوب الناتجة عن التخزين

وتكون نتيجة سوء في عملية التخزين وتظهر في شكل تقوس و إلتواء للأخشاب ، كما يمكن أن تصاب الأخشاب ببعض أنواع العفن الأزرق ، والتي تظهر على العوارض والألواح غير المرصوصة بشكل جيد عند التخزين ، وفي العادة لا ينفذ هذا العفن إلى داخل الخشب ويمكن إزالته بالكشط ، ويسمى بالعفن الأزرق السطحي [2] ، لا يؤثر هذا العفن على خصائص الخشب ولكنه يؤثر على المظهر الجمالي له ، حيث يمكن استعماله في الأعمال الانشائية دون صناعة الأثاث .

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة والتحف الخشبية ، ص 84 .

[2] - Weissenfeld P , König H - Entretien écologique du bois - p 38.

2.1.1 – خصائص الخشب

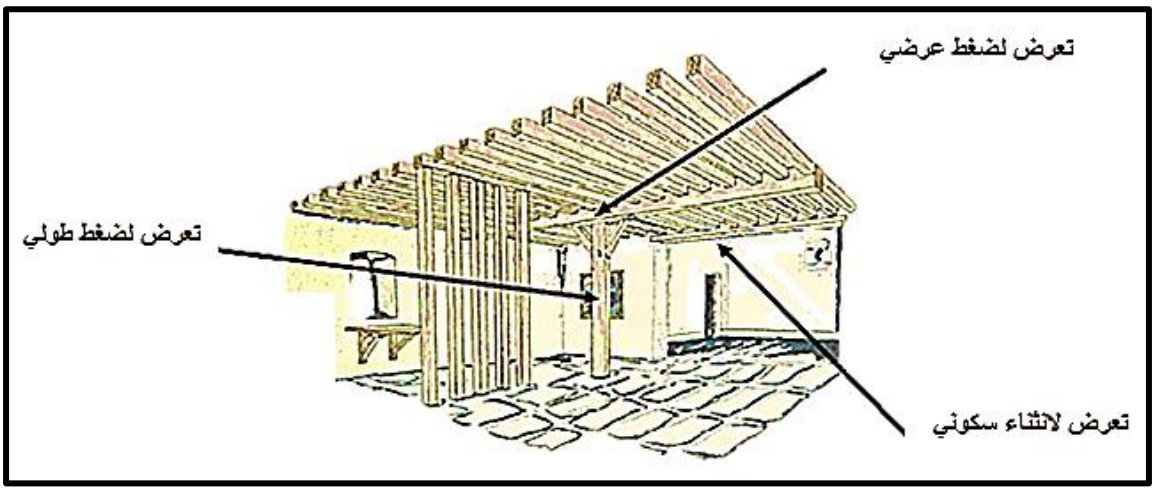
تلعب مختلف خصائص الخشب سواء كانت فيزيائية أو ميكانيكية أو كيميائية دورا في الحفاظ عليه أو تكون عاملا مساهما في تدهوره ، إذا غالبا ما يكون لها تأثير مباشر في عملية التلف ، إذ أن الأنواع المختلفة من الخشب لا تدوم كلها بنفس القدر ، حيث أن الأخشاب التي لها كثافة مرتفعة تبطئ من عملية التدهور عن طريق التقليل من مسامية الأنسجة وبالتالي من سرعة انتشار السوائل ، ولكن بعض الظواهر الأخرى مثل تكون خشب القلب تؤدي إلى انسداد تدريجي للقنوات مثلا في البلوط ، وهذا يقلل من احتمالات تغلغل الأجسام الغريبة حتى القلب ، كما أن بعض الصنوبريات تمتلك في بنائها مركبات فينولية لها خصائص مبيدة ومطهرة تحد من الاستعمار البيولوجي [1] ، كما أن بعض الأنواع الخشبية تحتوي على كميات معتبرة من المضادات الطبيعية مثل البينوزيلفين pinosylvine، الأوليوريزين oléorésine والتي توجد في الدباغ ، وتكون مانعا من ظهور العوامل البيولوجية ، كما أن هناك فرقا للتعرض للتلف بالنسبة للمكونات المختلفة للخشب ، فهناك مناطقا منه لها مقاومة مرتفعة للعوامل البيولوجية فخشب الجلب أكثر مقاومة من خشب الشكير أو اللحاء ، بسبب وجود معظم المواد المغذية في طبقة اللحاء ، كما أن للبنية المجهرية للخشب دورا في عملية التلف ، إذ يعتبر الخشب مادة مسامية لاحتوائها على الألياف والقنوات ، ولشكل التنقيطات في خلايا الأشعة تأثير على إمكانية مرور المشيجة الفطرية ، فكلما كانت كبيرة كانت مثالية لانتشار ومرور المشيجة فيها ، ونجد أن معظم التلف يصيب الطبقة السطحية من الخشب من دون التغلغل في طبقة الجلب حيث من غير الممكن مرور الخيوط الفطرية في هذه الطبقة [2].

يؤثر اتجاه تطبيق القوى على استخدام الأخشاب باعتبارها مادة غير متجانسة ، فعادة ما تكون المقاومة في اتجاه الألياف أقوى من الاتجاهات الأخرى ، وطبعا تتأثر هذه الخاصية بوجود العيوب ونسبة رطوبة الخشب وكثافته ، وعند استعمال القطع الخشبية ينبغي أن نأخذ بعين الاعتبار المكان الذي ستستعمل فيه ونوعية القوى التي سيتعرض لها ، وكذلك اتجاه

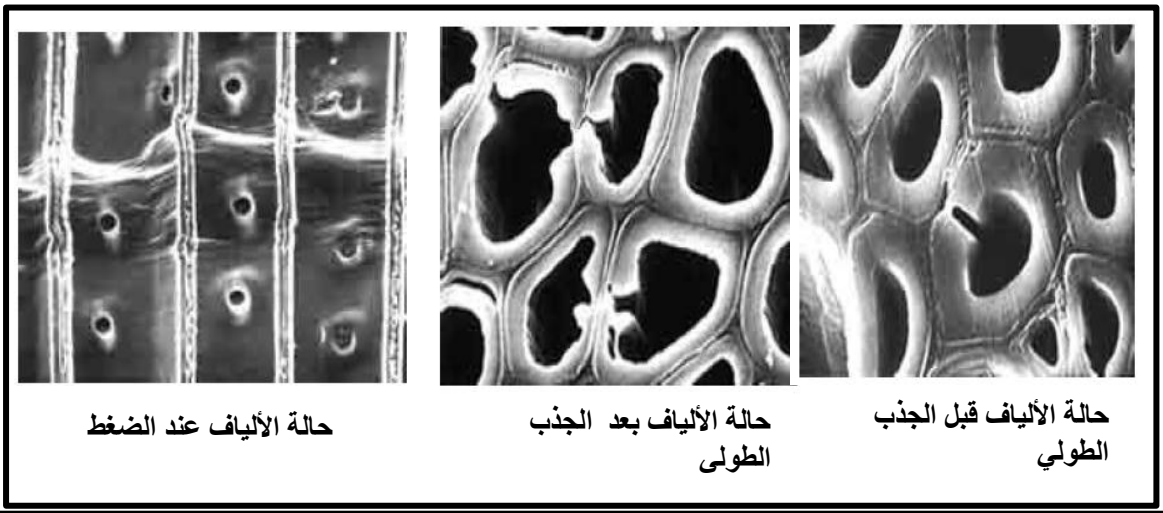
[1]- ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 345 .

[2]- CTBA - Le traitement des bois dans la construction Termite , capricorne , lyctus , vrillette, syex , mérule - 2eme édition , Eyrolles , France , 2000, pp 7-8.

الألياف ومستوى القطع والحمولة التي ستطبق عليها ، من أجل تحديد الاتجاه الذي يكون الأكثر مقاومة لهذه التحريضات، فمثلا لو طبقنا قوى الانثناء بشكل عمودي على الاتجاه العرضي فإن القطعة الخشبية لا تقاوم وتنكسر ، على العكس لو كانت في الاتجاه الطولي ، أما عند تعرض القطعة للضغط في الاتجاه العرضي فتحدث تشققات وتكون المقاومة ضعيفة، كما أن المقاومة للضغط الطولي تقل كلما زاد طول القطعة[1] .شكل رقم (121) نوع القوى المطبقة على الخشب البناء ، شكل رقم (122) صورة مجهرية لشكل الألياف عند تعرضها لكل من الضغط والجذب .



شكل رقم(121) نوع القوى المطبقة على خشب البناء . بتصرف



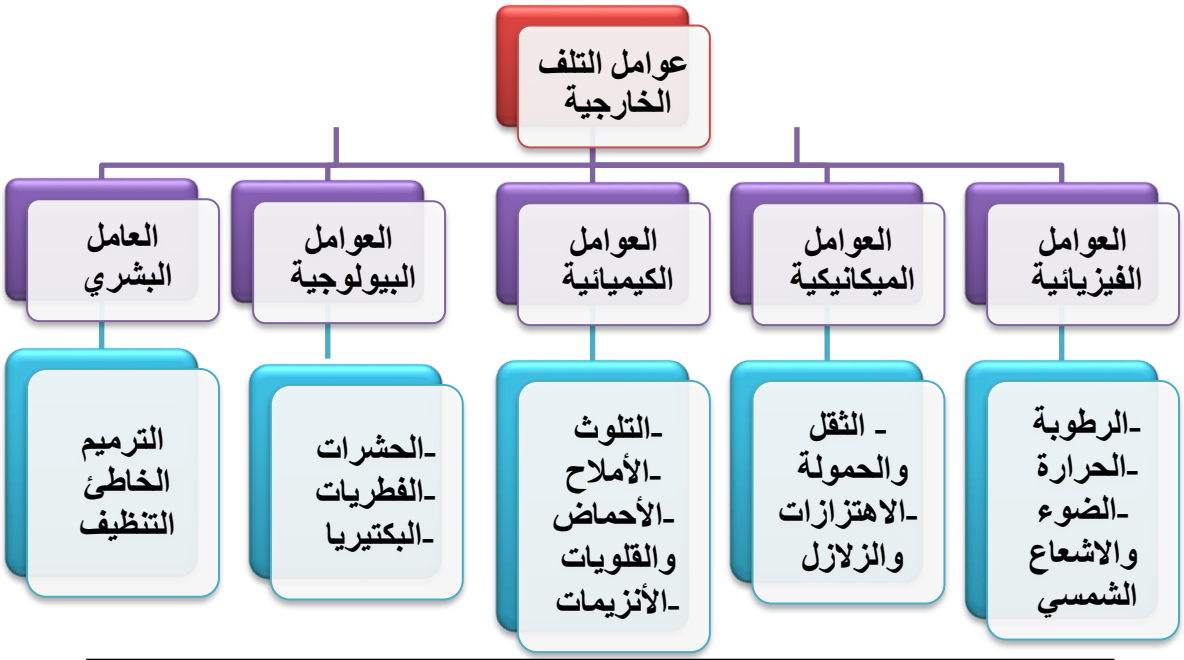
شكل رقم(122) صورة مجهرية لشكل الألياف عند تعرضها للضغط والجذب . بتصرف

[1] - Pierre Latteur - Structures en bois parties 1 Le matériau bois - Septembre 2017 , pp 86-90.

- تحدد خصائص الخشب نوعية ومكان استعماله ، ففي الغالب ما يتم استعمال الأخشاب التي تتمتع بالمقاومة الطبيعية خارجيا ، أما التي لها مقاومة محدودة فيتم استعمالها داخليا مع تحسين خصائصها ببعض المعالجات الكيميائية أو الفيزيائية كالطلاء مثلا واستعمال المبيدات سواء للفطريات أو الحشرات .

2.1 – عوامل التلف الخارجية

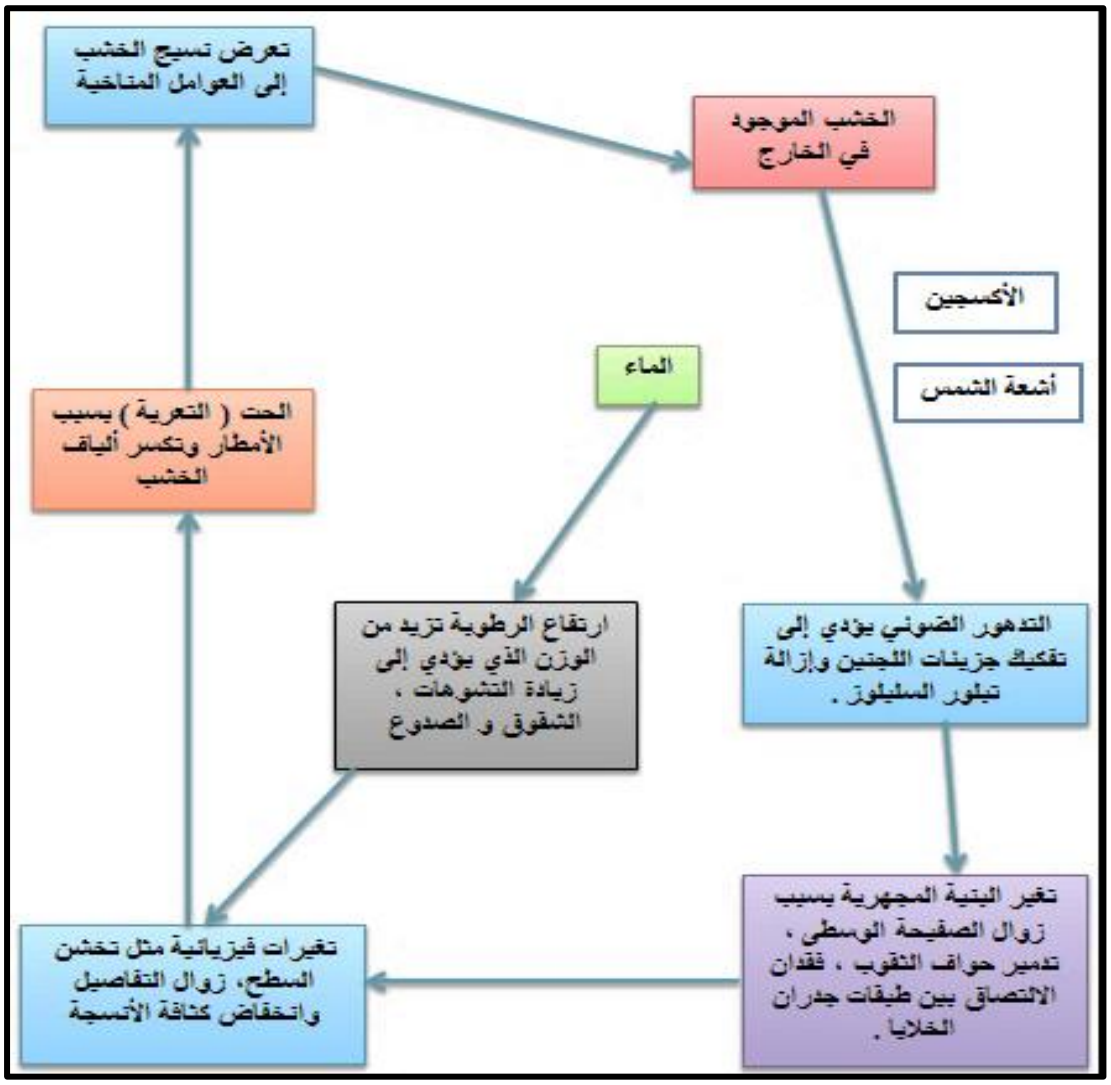
يتعرض الخشب للكثير من العوامل الخارجية التي تؤدي إلى تدهوره ، وهذا راجع لطبيعته ولخصائصه ، ويختلف أثر هذه العوامل بحسب نوع الخشب واستعمالاته ، وعن أهم عوامل التلف نجد العوامل الفيزيائية المصحوبة بتأثيرات كيميائية خاصة في الأخشاب المستعملة في الخارج والتي تكون من دون حماية ، إضافة للعوامل الميكانيكية كالحمولات الزائدة والاهتزازات ، والعوامل البيولوجية والتي لها فعلها المدمر والهدام في الخشب خاصة في وجود الظروف الملائمة ، ويمكن لهذا العامل أن يدمر الخشب نهائيا في حالة عدم اتخاذ الاجراءات المناسبة ، وعدم توفر الصيانة والمعالجة ، زيادة على العامل البشري وما يتركه من أثار على الخشب ، وقد تعمل هذه العوامل مجتمعة أو منفردة . شكل رقم (123) مخطط لعوامل التلف الخارجية للخشب .



شكل رقم(123) مخطط لعوامل التلف الخارجية للخشب . عن الباحثة

1.2.1- العوامل الفيزيائية

تتمثل العوامل الفيزيائية المؤثرة على الخشب في كل من الحرارة والرطوبة والضوء ، وتعمل هذه العوامل مع بعضها البعض لتؤدي إلى إحداث أضرار كبيرة على الخشب خاصة الموجود في الخارج ، إذ تؤدي إلى التأثير على مختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية ، فتفقده المتانة والقوة وتؤدي إلى احداث تغيرات كيميائية على مستوى تركيبته، وتغير في اللون وظهور الشقوق وتخشن في السطح . شكل رقم (124) مخطط للعوامل الفيزيائية المؤثرة على الخشب.



شكل رقم(124) مخطط لعوامل الفيزيائية المؤثرة على الخشب. عن الباحثة

1.1.2.1 - الرطوبة

تعتبر الرطوبة على اختلاف مصادرها من أخطر عوامل التلف التي ينتج عن وجودها أضرار بالغة على مواد البناء ، وعلى مادة الخشب بصفة خاصة كما أنها تحفز العوامل الأخرى وخاصة العامل البيولوجي ، وللرطوبة مصادر كثيرة أهمها : الرطوبة الناتجة عن الأمطار ، الصعود الشعري في الجدران والأرضيات ، الرطوبة الناتجة عن التكثف ، والناتجة عن البحر .

تؤثر الرطوبة على الأخشاب الموجودة داخل المباني وخارجها ، إذ أن الخشب يمتص أو يفقد الرطوبة بناء على التغير في الرطوبة النسبية للمحيط بالارتفاع أو الانخفاض حيث ينتفخ أو ينكمش [1]، وتمتص جدران خلايا الخشب الماء بنسبة تتراوح بين 20 – 30 % بالنسبة للوزن الجاف للخشب ، وتختلف هذه النسبة كلما انخفضت نسبة الرطوبة ، ويمكن أن تصل إلى 11 – 12 % ، ويكون الانكماش أو التمدد غير متساوي في جميع الاتجاهات ، حيث أن الانكماش يكون أكبر في الاتجاه العرضي ، ولا ينكمش في الاتجاه الطولي للألياف ، كما يعتمد الانكماش على موقع ألواح الخشب في ساق الشجرة ، إذ أن انكماش الخشب في الاتجاه المماسي يكون عادة ضعف الانكماش القطري ، كما يختلف بحسب أنواع الأخشاب فتكون كبيرة في حالة أخشاب الزان والبلوط والأرو ، ويبلغ انكماش الأخشاب الصلبة في حالتها الطبيعية في الظروف العادية 1 % في الاتجاه المماسي و 2 % في الاتجاه القطري ، بينما في الأخشاب اللينة يبلغ انكماشه في الاتجاه المماسي 6 % و القطري 5 % .[2]

ويتحلل السليلوز والهيميسليلوز في وجود الرطوبة ، حيث يحتفظ السليلوز في المراحل الأولى من التحلل بالتركيب البنائي الأساسي للألياف ، وباستمرار التحلل يحدث نقص في الخواص الفيزيوميكانيكية ، كما يتحلل الهيميسليلوز ويعطي البنتوز والهكسوز ، وهي سكريات قابلة للذوبان في الماء ، ويعتبر الهيميسليلوز الرابط بين ألياف السليلوز حيث يساعد تحلله على هشاشة وفقدان الخواص الميكانيكية للخشب ، وذلك لتحلل وتلف الجدار الثانوي للخلايا الخشبية ، وبالتالي الضعف الكلي ، كما أن نزح (تحلل) المستخلصات والتي تحمي

[1] - Giorgio Torraca - Lectures on materials science for architectural conservation - The Getty Conservation Institute , USA , 2009 , p 153.

[2] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة المباني ، ص 228 .

الكربوهيدرات من التحلل يلعب دورا هاما في فقد متانة الخشب ، وعملية تحطيم الكربوهيدرات يصاحبه اختزال (نقصان) في تبلور السليلوز المتبقي ، ونقص التبلور يزيد من استرطاب الخشب [1] ، كما يؤدي إلى انكماش اللويفات الدقيقة السليلوزية ، وبالتالي نقص متانة جدران الخلايا بدرجة تجعلها لا تتحمل الشد السطحي للماء الحر الموجود بها ثم انهيارها [2] ، كما أن انتشار الماء في نسيج الخشب يشجع الغزو البيولوجي له خاصة الكائنات المجهرية كالفطريات والبيكتيريا التي لها إنزيمات تحلل مركبات الخشب وتزيد من التلف وسرعته [3] .

2.1.2.1 - الحرارة

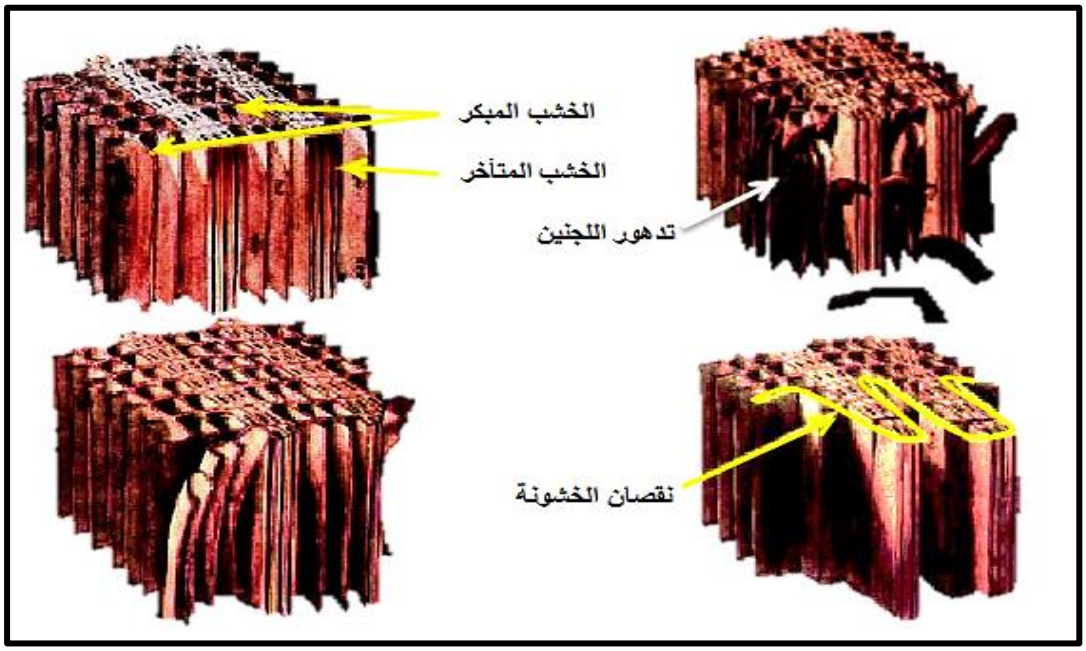
تؤثر الحرارة على الأخشاب حيث أن ارتفاعها من 20إلى 25°م يزيد معدل تلف السليلوز مع ثبات الرطوبة النسبية ، ويبدأ الخشب بالتفتت عند الجفاف بتعرضه للحرارة العالية التي تؤدي إلى تحلله ، حيث تحدث له تغيرات لونية ويصبح سطح الخشب خشنا ، وتضعف متانته وينقص وزنه ، ويتشابه مظهره مع مظهر الخشب المصاب بالعفن البني ، وتقل صلابة الخشب عند تعرضه لدرجات حرارة مرتفعة ، ولا ينتج الدخان أو توهج الخشب عند درجات حرارة أقل من 200°م ولكن تنبعث غازات أهمها غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ، أما احتراق الخشب المصاحب بانبعاث الضوء والحرارة فيكون عند درجة حرارة 275°م [4] ، ومن 180°م إلى 250°م يصعب تحديد تفاعل التأثير الحراري ، بحيث يكون هناك حيود حراري كبير مع ميلان خفيف للتأثير الحراري الخارجي ، ويبدأ تدهور كل من الهميسليلوز واللجنين ، أما ابتداء من 250°م يصبح التفاعل ناشر للحرارة بشكل كبير ، ويتحول الخشب إلى فحم مع تحرير غاز ثاني أكسيد الكربون و pyroligneux ويكون هناك تدهور متتالي لمكونات الخشب [5].

---

[1]- ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 344 .
[2]- ابراهيم محمد عبد الله - علاج وصيانة المباني - ص 228-229 .
[3]- نفسه ، ص 228-229 .
[4]- نفسه ، ص 234 .
[5] -Rousset Patrick-Choix et validation expérimentale d'un modèle de pyrolyse pour le bois traité par haute température de la microparticule au bois massif - Thèse de doctorat , ENGREF UHP Nancy 1 , 2004 , p 51.

3.1.2.1 - الإشعاع الشمسي والضوء

ترجع خطورة الإشعاع الشمسي إلى احتوائه على العديد من الإشعاعات مثل الأشعة فوق البنفسجية ، التي تؤدي إلى تلف المواد العضوية ومن بينها الأخشاب ، إضافة إلى الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء و الموجات الطويلة ، وتحدث الأكسدة الضوئية للخشب المكشوف لأشعة الشمس بسرعة ، حيث يتغير لونه إما بالاصفرار أو أن يصبح اللون بنيا ثم يتحول إلى الرمادي في نهاية المطاف ، وينتج هذا التغير نتيجة تكسر الروابط الكيميائية للجنين ومستخلصات الخشب بفعل الأكسدة الضوئية ، ويكون هذا التغير سطحيا فقط إذ يصل عمقه من 0.05 إلى 2.5 ملم وهذا بحسب نفاذ الضوء [1]، كما يمكن للتدهور الضوئي بفعل الأشعة فوق البنفسجية أن يؤدي إلى تغير في التركيب الكيميائي خاصة للجنين ، إضافة إلى التغير في اللون وفقدان قوة الخشب وتخشن السطح [2] ، ويزداد التدهور الضوئي بوجود المياه الناتجة عن الأمطار أو الرطوبة [3] . شكل رقم (125) آلية تدهور الخشب المعرض لأشعة الشمس .



شكل رقم(125) آلية تدهور الخشب المعرض لأشعة الشمس عن
Béatrice G , Ed Suttie , André M. X. D.

[1] - Fiest W.C - Outdoor wood weathering and protection - In Archaeological wood , Published by American society chemical , 1990 , p 269.
[2]- Béatrice George , Ed Suttie , André Merlin Xavier Deglise - Photo-degradation and photo-stabilisation of wood (state of art) - COSTE 18 Finale seminar , 26-27/04/2004, pp 1-3.
[3]- Fiest W.C ;Op cit , p 269.

- كما يعمل الضوء المرئي (بين 400 – 750) نانو متر على التأثير على المواد الخشبية ، إذ يمتص السليلوز الضوء بقوة للموجات بين 200 و 400 نانومتر ،وبما أن الهميسليلوز مشابه هيكليا للسليلوز فله نفس الخواص لامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، وكذلك اللجنين والبولي فينول اللذان يمتصان الضوء بقوة إذا كانت موجته أقل من 200 نانومتر، ويصل الامتصاص إلى الذروة عند 280 نانومتر في حين يقل الامتصاص في مجال الضوء المرئي، وللمستخلصات الخشبية القدرة على امتصاص الضوء بين 300 و 400 نانومتر، وباختصار فإن معظم مكونات الخشب قادرة على امتصاص ما يكفي من الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية للخضوع للتفاعلات الضوئية الكيميائية ، التي تؤدي في نهاية المطاف إلى احداث تغيرات لونية وتدهور للبنية الخشبية ، ونظرا لوجود مجموعات واسعة من الكروموفوريك (وهي عبارة عن مواد عضوية مسؤولة عن الألوان والصبغيات)، مرتبطة مع مكونات سطح الخشب فلا يمكن بسهولة نفاذ أو اختراق الضوء للسطح ، ولذلك فإن التغير اللوني الناتج عن الضوء هو ظاهرة سطحية ، حيث لا يمكن أن يتعدى عمق 2.5 ملم في الصنوبر والخشب الأحمر ، ويمكن للعوامل الجوية أن ترفع درجة تغير اللون إلى الرمادي لعمق 0.25 ملم من سطح الخشب [1].

ويتكون اللجنين من مجموعات كبيرة من الكروموفور التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي وخاصة في المجال الأبعد من 290 نانومتر ، وهذا بالنظر لطبيعته الأروماتية (العطرية) ، ويمكن أن يدمر كلية في المجال الضوئي الذي يكون طول موجاته دون 290 نانومتر ، أما عن آلية التدهور الضوئي للجنين فهي جد معقدة ، وتدخل فيها عدة وسائط متفاعلة مثل الأكسجين ، وتتم في مراحل مختلفة تقود إلى تشكل جذور الفينوكسيل الذي يؤدي إلى الاصفرار وانقطاع السلاسل ، حيث يمكن للكروموفور أن يمتص الفتون الضوئي والذي يوجد في حالة ثلاثية ، ويمكن أن يتفكك أو يثبط بتحويل طاقته مثلا في ثنائي الأكسجين ينتج أحادي الأكسجين النشيط جدا [2]، وجميع الطرق تؤدي فيما بينها إلى الجذور الفينوكسلية ، وواحد من بين هذه الجذور الرئيسية يعطى جذرا ذا مدة حياة طويلة ، والذي

[1] - Fiest W.C ;Op cit , p 271 .
[2] - Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin , Op cit , pp 168-169.

يؤدي بدوره إلى تحول البنية الكينونيكية في الأصل ، والتفاعلات التي تسبب الاصفرار وتدهور سطح الخشب [1].

2.2.1 – العوامل الميكانيكية

تشمل العوامل الميكانيكية كلا من الأحمال والهزات والزلازل الأرضية ، والتي لها فعلها المؤثر على الأخشاب المستعملة في البناء ، فبالرغم من استعمالها بسبب قوة تحملها ومقاومتها ، إلا أنه في حالة زيادة الثقل أو شدة الزلازل فإن هذه الأخشاب تتعرض للانكسار وبالتالي التأثير على المبنى ، ويمكن لهذه العوامل أن تتأثر بعوامل أخرى خاصة ارتفاع نسبة رطوبة الخشب ، ووجود العيوب به ، إضافة إلى انخفاض كثافته وصلابته .

1.2.2.1 - الحمولات والثقل

تؤثر الحمولات والأثقال على البناء وعلى مواد البناء ، فلكل مادة قدرة معينة لتحمل الثقل فإذا زادت عن حدها فإنها تتعرض للانكسار ، كما يلعب توجيه قطعة الخشب دورا في المقاومة والتحمل ، فعادة ما تكون قدرة الخشب على تحمل أثقال كبيرة إذا كان الضغط المطبق عليها موازي أو عمودي على محور الخشب ، بشرط أن لا يكون طول القطعة الخشبية كبيرا ، فكلما زاد طول القطعة ضعفت قدرتها على تحمل أثقال كبيرة ، كما أن الخشب يمتلك مرونة جيدة تسمح له بتحمل أثقال كبيرة قبل أن ينكسر أو يلتوي أو ينحني ، كما تتأثر هذه الخاصية بنسبة رطوبة الخشب ، فكلما زادت نسبة الرطوبة ضعفت قدرة التحمل والعكس صحيح ،إضافة إلى وجود العيوب كالعقد والشقوق التي تقلل من قوة التحمل .

[1] - Titjana Stevanovic , Dominique Perrin ; op cit , p169.

2.2.2.1 – الاهتزازات والزلازل

الزلازل هي عبارة عن ارتجاف أو تحرك عنيف في الصخور القريبة من سطح الأرض ، يتراوح زمنها ما بين 3 ثواني و 3 دقائق ، تحدث الزلازل نتيجة للانفجارات البركانية أو عند انزلاق الصخور على التصدعات ، وهذا ما يؤدي إلى حدوث موجات حركية سريعة في جميع الاتجاهات مسببة هزة أرضية [1] ، تقوم الزلازل بالتأثير على المبنى بقوة أفقية كبيرة واهتزازات عرضية نتيجة تحركات التربة ، مما يؤدي إلى انهيار المبنى في حالة افتقاره للهياكل المقاومة للزلازل [2] ، كما تؤدي غالبا إلى حدوث شقوق وتصدعات على الجدران ، وتأثير الزلازل هو تأثير غير مباشر على الخشب ، إذ يكون التأثير على الجدران وبالتالي حدوث خلل في طبقاتها مما يؤدي إلى تفاوت في توزيع الثقل والذي ينتج عنه انكسار في الأعمدة الموجودة في التسقيف والأخشاب المدمجة في الجدران نتيجة الصدوع والشقوق التي تظهر عند هبوط الأرضيات.

3.2.1 – العوامل الكيميائية

تؤدي هذه العوامل إلى تفاعلات كيميائية مع مكونات الخشب ، فتعمل على تغيير تركيبته الكيميائية والتأثير على بنيته الهيكلية ، وبالتالي تغيير خصائصه الفيزيائية والميكانيكية ، وإضعاف بنيته وتغيير لونه ، وأهم هذه العوامل نجد : التلوث ، الأملاح ، الأحماض والقلويات والمذيبات ، والإنزيمات الناتجة عن الحشرات والفطريات .

1.3.2.1 - التلوث

ينتج التلوث الجوي عن الغازات والجزيئات الموجودة في الجو والناتجة عن الأنشطة البشرية من صناعات مختلفة وحركة السيارات و الحرائق وأجهزة التسخين والتبريد وغيرها[3] ، من أكثر الغازات والمركبات الموجودة في الهواء والتي تحدث أضرارا بالغة بالمباني هي : مركبات الكبريت (غاز الكبريت ، حمض الكبريت) بالإضافة إلى أكسيد

[1] - باشا سعد حسن صالح - الجيولوجيا العامة والبيئة - ط 2 ، دار زهران للنشر والتوزيع ، الأردن ، 1996 ، ص 103 .
[2] - واكد خليل إبراهيم ، واكد خليل إبراهيم - أسباب انهيار المباني ، طرق الصيانة والترميم - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، مصر ، 1996 ، ص 82 .
[3] -Masclet Pierre - Pollution atmosphérique : Causes , Conséquences , Solutions , Perspectives - Ellipses édition , Paris , 2005 , P 22 .

الأزوت ، أكسيد الكربون ، كلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين [1] ، كما يمكن لهذه الغازات و المركبات أن تتحول إلى أحماض قوية لها القدرة على تحليل المادة الخشبية كحمض الكبريتيك وحمض الكربونيك .

ومن مركبات الكبريت حامض الكبريتيك الذي يتفاعل مع الأخشاب ويؤدي إلى ارتفاع نسبة الحموضة بها ، كما يؤدي إلى احتراقها أو تفتتها وتحولها إلى مادة هشة ، كما أن الجذور الحرة الناتجة عن الأكسدة الضوئية تتفاعل بسهولة مع كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكبريت ما يؤدي إلى تحلل كل من السيليلوز والهيمسيليلوز واللجنين [2] .

2.3.2.1 - الأملاح

تكون التربة و الجدران والأرضيات مصدرا للكثير من الأملاح ، والتي عند اتصالها بالماء تذوب فيه وتنتشر في مختلف مواد البناء ومن بينها الخشب الموجود في الأرضيات ، الجدران أو الأسقف ، وبهذا فيمكن للأملاح المذابة أن تنتقل إلى الخشب وتساهم في التدهور الفيزيائي له ، فأثناء التجفيف مثلا وعند رحيل الماء تتبلور الأملاح المذابة ولكنها تبقى مسترطبة ، وعند أي زيادة في الرطوبة تنتفخ مما يؤدي إلى إجهادات على جدران بناء الخلية ، وتكون هذه الأملاح مصدرا للمشاكل وخاصة أثناء معالجات الحفظ التي تغير من نتائجها حسب مقدار تفاعلها مع المواد المستخدمة ، كما يمكن أن يكون لها اسهام في التدهور الكيميائي ، مثلا وجود أملاح الحديد التي تأكسد السلاسل السلولوزية للخشب [3].

3.3.2.1 - الأحماض والقلويات والمذيبات العضوية

يتأثر الخشب بالأحماض والقلويات ذات التراكيز المرتفعة ، حيث يكون تأثير القلويات عليه أكثر من الأحماض خاصة عند التراكيز العالية ودرجات الحرارة المرتفعة ، فالقلويات تذيب الهميسليلوز وتحول اللجنين إلى مركبات اللجنين القاعدية القابلة للذوبان ، أما السليلوز فلا يحدث له أي تغيرات حتى في التركيزات العالية للقلويات ، ويصبح الخشب بعد تعرضه للقلويات المركزة ذا هيئة ليفية ، ولونه باهت منتفخ بنفس مظهر الخشب المصاب بأنواع من فطريات العفن الأبيض ، وتقل صلابته وتضعف خصائصه الميكانيكية .

---

[1] -Vasco Fassina - Pollution atmosphérique et altération de la pierre - Dans : La dégradation et la conservation de la pierre, N°16 , UNESCO , Pp 91 -92 .

[2] - عصام محمد أحمد - دراسة ترميم الأسقف الخشبية الملونة في العمائر الاسلامية بالقاهرة تطبيقا على أحد العمائر المختارة - أطروحة دكتوراه في ترميم الأثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006 ، ص 106 .

[3]- ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 335 .

أما الأحماض فتؤثر على الكربوهيدرات الموجودة في الخشب إلا أن اللجنين يظهر مقاومة كبيرة لتأثير الأحماض القوية ، لذلك يتم التعرف على اللجنين تحليليا من خلال إذابة الخشب في حمض الكبريتيك المركز 72% ، الذي يذيب الكربوهيدرات ويبقى مرشح اللجنين ، تقوم الأحماض بتحليل الروابط الجلوكوزيدية B(1-4) في السليلوز والهميسليلوز مائيا ، مما يؤدي إلى حدوث نقص كبير في قوة شد الخشب ، ويتحول لونه إلى بني في مراحل التلف الأولى ، ويصبح ضعيفا ومتقصفا (متقطع) ، وتتشابه عملية تفكك البلمرة وضعف الخشب في مظهرها مع مظهر الاصابة بفطريات العفن البني ، خاصة من حيث صلابة الخشب ، وتعتبر أخشاب الصنوبريات من أكثر الأنواع تحملا للأحماض ، وتنتج الأحماض عن الملوثات الجوية المختلفة كغاز ثاني أكسيد الكربون أو غاز ثاني أكسيد الكبريت ، اللذان يتحولان إلى أحماض في وجود الرطوبة ، ويتغير لون الخشب بعد تعرضه لثاني أكسيد الكبريت أو ثاني أكسيد النتروجين وبوجود الأشعة فوق البنفسجية تزيد درجة التغير اللوني ، وتتكون مجموعات الكربوكسيل على السطح الخارجي للخشب .[1]

وفيما يخص المذيبات العضوية كالكحولات والأسيتون أو البنزين فإنها تعمل على خفض عملية الانتفاش وفقد القوة ، نتيجة لزيادة الوزن الجزئي لهذه الكيماويات وتعقد مركباتها [2].

4.3.2.1 - الإنزيمات

تعتبر الأنزيمات من العوامل المساعدة التي تسرع التفاعلات الكيميائية للأنظمة الحية ، حيث تفرز الكائنات الحية الدقيقة الأنزيمات التي تهاجم المركبات المكونة للخشب كي يتم تكسيرها لتتغذى عليها ، ومن بين أنواع الأنزيمات نجد :

- الأنزيمات التي تقوم بعملية الأكسدة والاختزال على أساس فقد إلكترونات أو الحصول عليها .

- الأنزيمات المحولة التي تنقل الجذور الحرة مثل جذور الأمينو مثيل والأسيتيل من مركب آخر [3].

[1] - إبراهيم محمد عبد الله - ترميم الأثار الخشبية عناصر معمارية ، فنية ، زخرفية - ط1 ، مصر ، 2012 ، ص 86-87.
[2] - نفسه ، ص 87.
[3] - نفسه ، ص 95 .

- أنزيمات الإماهة وهي التي تفصل المركبات عن بعضها عند الجسور الأكسجينية لكتون أو غيرها من خلال إضافة الماء .

- الليباز وهي إنزيمات قادرة على إزالة المجموعات تاركة رابطة مزدوجة أو اضافة مجموعات إلى الرابطة المزدوجة.

- الليجاز : وهي أنزيمات تعمل كعامل مساعد لتجميع الجزيئات لتكون مركب جديد .

ويمكن لهذه الأنزيمات أن تعمل وتتفاعل داخل الخلية أو خارجها ، ويتم تكسير جزيئات كل من السليلوز والهميسليلوز واللجنين بواسطة هذه الأنزيمات وذلك كما يلي :

- يتحلل السليلوز بواسطة مركب متعدد الأنزيمات يسمى السيلولاز ، ويتكون من ثلاثة إنزيمات على الأقل تختلف بحسب نوع المادة الغذائية ، تهاجم إنزيمات الغلوكاناز البوليمار عشوائيا ، كما يمكن أن تكون هناك إنزيمات منفصلة لإبعاد السلاسل الجانبية[1]، وقد أشارت الدراسات أن الأنزيمات التي تنتجها الأحياء المجهرية تستطيع أن تحلل المكونات الذائبة للسليلوز مثل كاربوكسي مثيل السليلوز ، ولكن أثبت عدم مقدرتها على تحليل السليلوز الطبيعي ، لذلك فإنه هناك نوعين من أنزيمات السيلولاز ، الأول يحلل السليلوز الطبيعي من خلال تجزئة سلسلة الجلوكان 4-1 ß إلى أندوجلوكانيز ، ويسمى السيلولاز C_1 ، فيما يعمل الثاني على الكاربوكسي مثيل السليلوز ويحللها إلى سلوبيوز Cellobiose ، ويسمى كاربوكسي مثيل السلولاز C_X [2] ، وتهاجم بعد ذلك الإكسوجليكوسيداز ما تبقى من السكريات المحدودة (من 3 إلى 9 وحدات) متعدد السكريات ، مما يمكن الكائن الحي من امتصاص واستخدام وحدات المانوز ، الكزيلوز ، الجلاكتوز والجلوكوز كغذاء له [3] .

- أما اللجنين فهو الذي يفرق بين الفطريات المحللة للخشب وغيرها من الكائنات الدقيقة الأخرى ، أما عن آلية تحلله بالأنزيمات فهي غير معروفة ما عدا بعض حالات فطريات العفن الأبيض ، وتعتمد عملية تحلله أساسا على عملية الأكسدة على عكس الأنزيمات القادرة على التحلل المائي في السليلوز والهميسليلوز ، ويعتبر انفصال الكربون عن طريق الأكسدة

[1] - إبراهيم محمد عبد الله، ترميم الأثار الخشبية عناصر معمارية ، ص95- 96 .

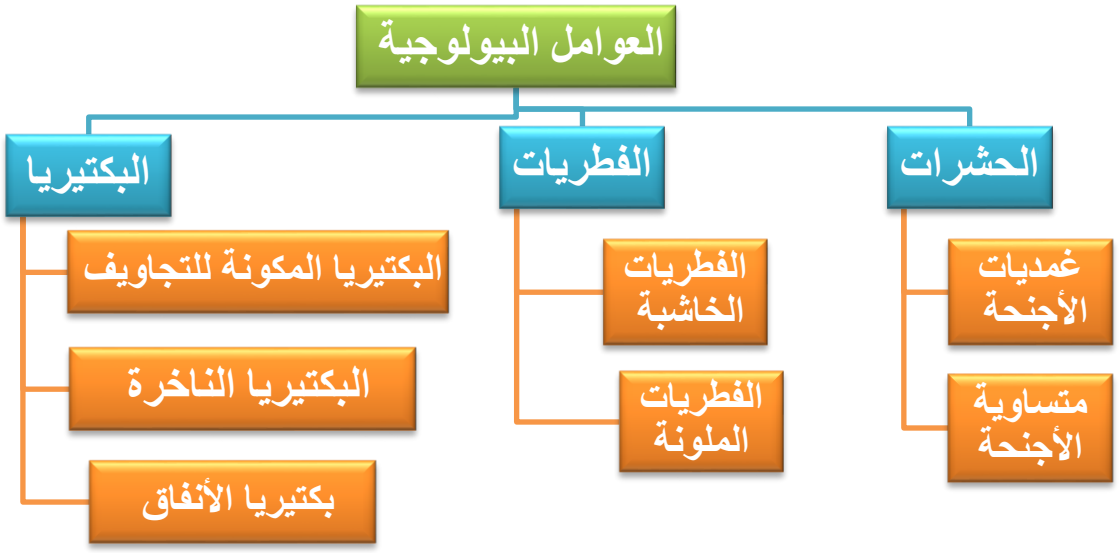
[2] - فاتن نوري ملا عبد ، نديم أحمد رمضان: " الفطريات المنتجة لإنزيم السيلولاز والمحمولة ببذور بعض أنواع البقوليات " في : مجلة علوم الرافدين ، المجلد 21، العدد 04 ، 2010 ، ص 58 .

[3] - إبراهيم محمد عبد الله ، ترميم الأثار الخشبية عناصر معمارية ، ص 96 .

إلى كربون وروابط الإيثر في بعض وحدات الفنيل البروبان من خلال إنزيم البيروكسيداز من الخطوات الأساسية في عملية تكسير اللجنين [1].

4.2.1 - العوامل البيولوجية

التلف البيولوجي هو التدهورات والتغيرات التي تحدث للمواد بواسطة العوامل البيولوجية على المواد العضوية كالخشب مثلا [2] ، يمكن لأعداد كبيرة ومتنوعة من الكائنات الحية أن تتلفه ، و من بينها الفطريات والحشرات والبكتيريا ، الذين يشكلون الغالبية الكبرى من الأعداء البيولوجية ، حيث وفي حالة الشروط المثالية يمكن أن تنمو وتتطور عليه، ويتواصل تأثيرها إلى غاية التدمير الكلي له ، وقد يصل التدهور في خصائص الخشب إلى درجة تحتم استبداله بسبب عدم القدرة على أداء الوظائف التي استخدم من أجلها .والشكل رقم (126) مخطط للعوامل البيولوجية المؤثرة على الخشب



شكل رقم(126) مخطط للعوامل البيولوجية المؤثرة على الخشب عن الباحثة .

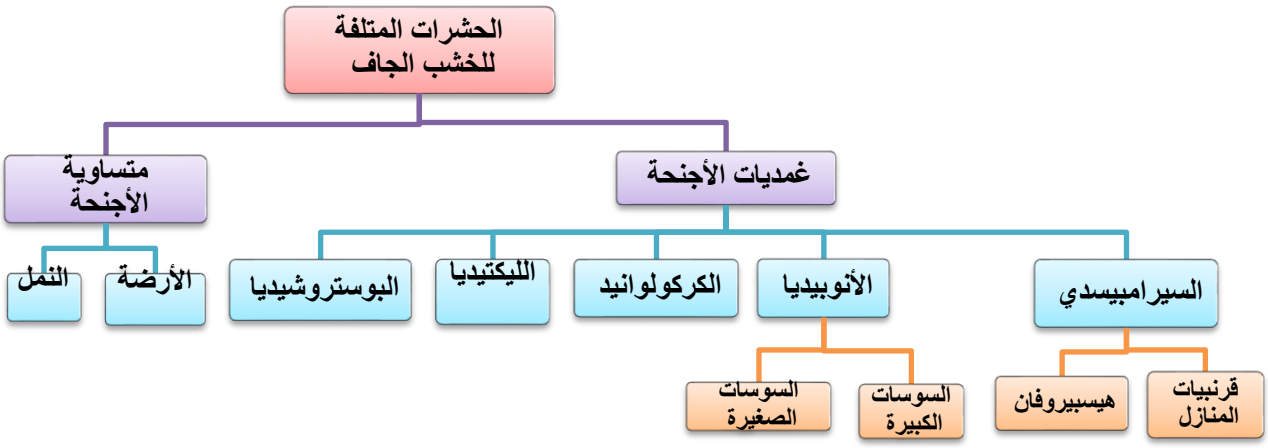
1.4.2.1 - الحشرات

تهاجم الكثير من الحشرات الأخشاب إما بغرض وضع بيوضها داخلها ، أو باعتبارها مادة تتغذى عليها ، وتهاجم الحشرات الأخشاب الخضراء والجافة على حد سواء ، وتنمو الحشرات في مناطق معينة من الخشب حيث تكثر المواد النشوية وعلى الخصوص في

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، ترميم الآثار الخشبية عناصر معمارية ، ص 96 .

[2] - Eva Pascual I Miro- Restaurer le bois - 1ère édition , Edition Gründ , Paris , 2000, p 19.

الخشب العصاري ، وتتميز الحشرات المتلفة للأخشاب بأجزاء فم متخصصة لتكسير المواد الصلبة وتفتيتها ، ويعتمد حجم الأنفاق والثقوب الناتجة على الحجم الكلي لليرقة ، ويؤثر كل من المحتوى المائي ودرجة الحرارة ونسبة المواد الغذائية في المادة ومقاومتها الطبيعية على نمو الحشرات ، كما أن وجود الفطريات في الخشب يرفع معدل نمو الحشرات [1]، وتؤثر الحشرات على خصائص الخشب حيث تؤدي إلى فقدان المادة و متانة وقوة الخشب . والشكل رقم (127) مخطط للحشرات المتلفة للخشب الجاف .



شكل رقم(127) مخطط لأنواع الحشرات المتلفة للخشب الجاف .
عن الباحثة .

أولا ـ الخنافس أو غمديات الأجنحة

ويقع تحتها مجموعة ناخرات الأخشاب التي تنتمي لها الديدان التي تسبب أضرارا بالغة للأخشاب والتي تكون في الأصل عبارة عن يرقات الخنافس التي تنتمي لهذه المجموعة ، وهي تهاجم الخشب ، واليرقة الخاصة بها في طورها الكامل تكون على شكل دودة منحنية مجعدة لها ثلاثة أزواج من الأرجل وفك قوي، وتاريخ حياتها داخل الخشب غير معروف كل مراحله ولكن من المؤكد أنه بالرغم من أن دورة حياتها من البيض حتى الخنفسة الكاملة يمكن أن تغزو الخشب الصلد مثل الخشب الطري ، وهي بالأطوار الآتية : بيضة ، يرقة ، عذراء ، حشرة كاملة [2] ، ومن أهم أنواعها:

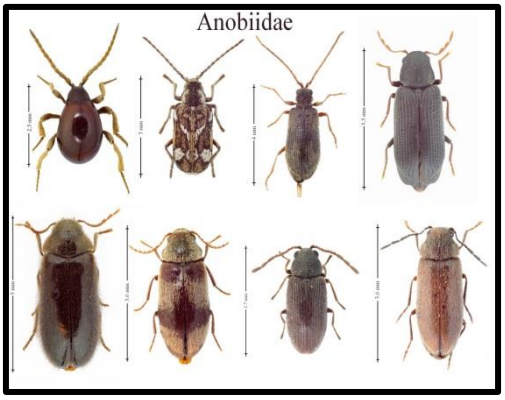
[1] ـ محمد إبراهيم عبد الله ، علاج وصيانة المباني ، ص 264- 265 .
[2] ـ محمد إبراهيم عبد الله ، ترميم الآثار الخشبية ، ص 105-106 .

- **بوبراست العرعر bupreste du Thuya**

شكل رقم(128) صورة لحشرة بوبراست العرعر http://www.insectesdebelgique.be

اسمها العلمي أوفاليزيا فاستيفا يتراوح طول الحشرة البالغة من 7 إلى 11 ملم وهي ممدودة وبيضوية ذات لون أخضر ببريق معدني مع وجود بقع أرجوانية داكنة في كل من اثنين من المنخفضات الجانبية ، لها خطوطا واضحة وحواف جانبية ناعمة شكل رقم (128) صورة لحشرة البوبراست ، أما اليرقات فهي مسطحة، بلا أرجل، وبطول يصل إلى 25 ملم مع رأس كبيرة ، الحوريات بيضاء ، لينة جدا، مسطحة وبدون زغب (مرداء) ، تتطور اليرقات في قاعدة الفروع وفي الجذع عن طريق حفر فجوات تحت القشرة، والتي تؤثر على الأنسجة الموصلة، تظهر اليرقات في نهاية مارس أو بداية أفريل في الشكير ، وعندما تتحول إلى حورية تنتقل إلى اللحاء ، وفي ماي إلى أوت تصبح حشرة كاملة وتخرج لتعيد دورة حياتها ، بحفر الانفاق لوضع البيض والتفقيس في الشتاء ، وتنمو هذه الحشرات على أشجار العرعر البربري [1].

- **الأنوبيديا**



شكل رقم(129) صورة لحشرات الأنوبيديا عن http://www.insectesdebelgique.be

وطولها يتراوح من 10/1 الى 4/1 بوصة ، ذات لون بنى قاتم ، والحشرة تخرج عامة في جوان وجويلية ، حيث توجد في هذه الفترة على الجدران والأسقف وبعد التزاوج تضع الأنثى البيض في الشقوق والفجوات والمسام الواسعة في الأجزاء الخشبية، شكل رقم (129) صورة لحشرات الأنوبيديا ، وعند ظهور اليرقات الصغيرة فإنها تخترق الخشب أولا في اتجاه الزاوية اليمنى ، ثم بعد

[1] - NICHANE M. et KHELIL M.A. :" Notes sur l'attaque de Thuya de berbèrie (*Tetraclinis* articulata (Vahl) Masters) par un Bupreste (Ovalisia festiva linnaeus) dans les monts des Traras occidentaux (Nord occidentale Algérien)", Revue des BioRessources, Vol 4 N° 1 Juin 2014 , p p 25 -27.

ذلك في اتجاه الألياف تاركة خلفها ثقوب صغيرة للدخول يصعب رؤيتها بالعين المجردة . وأثناء نموها تتجه ناحية السطح حيث تتحول قرابة الى عذراء ثم الحشرة الكاملة التي تثقب السطح .[1]

وهناك نوعان من هذه العائلة أكثر انتشارا وهما ضمن السوسيات :

- السوسات الكبيرة

طول الحشرة 5-7ملم ذات لون بني داكن بمظهر رخامي وخصلات من الوبر المصفر ، ولها قرون استشعار مع حامل بثلاث فقرات ممتدة ، ولها قبعة بشكل مثلث دائري الزوايا ، أما اليرقات فطولها من 6 إلى 11 ملم بلون أبيض قصديري ، بشكل مقوس ووجود شويكات ظاهرة [2]، تظهر الحشرة البالغة بين أفريل وماي ، وتدوم مدة حياتها بين عام إلى عشرة أعوام تبعا لدرجة التلف الفطري في الخشب ، تهاجم الأخشاب المتعفنة والتي تعرضت للفطريات سواء كانت ورقية أو راتينجية ، أما عن مظهر الخشب فيكون به ثقوب دائرية بقطر 2 إلى 4 ملم ، توجد أنفاق دائرية بنفس قطر الثقوب وباتجاه محور الخشب ، ونشارة حبيبية بشكل عدسي بقطر 1 ملم تقريبا [3] ، أما الأنفاق التي تحفرها اليرقات فتكون متفرعة ، يبلغ قطرها ما بين 1 إلى 3 ملم وتكون مملوءة بنوع من النشارة الخشنة ، وتنمو هذه الحشرة في حدود حرارة 22° م ، ورطوبة داخلية للخشب تقدر بحوالي 28 % [4].

شكل رقم (130) صورة حشرة ويرقة السوسات الكبيرة ومظهر الخشب المصاب بها .

شكل رقم(130) صورة لحشرة السوسيات الكبيرة ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .
http://www.groupe-ppf.com/traitement-du-bois/insectes-et-larves

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، صيانة وعلاج التحف الخشبية ، ص 266

[2] - Marie France Roquebert – les contaminants biologiques des biens culturels - , France , 2002 , p 135.

[3] - CTBA , Le traitement des bois dans la construction , pp 18-19 .

[4]- دني بيبونيه ، المرجع السابق ، ص 46 .

- السوسيات الصغيرة

شكل رقم(131) صورة لحشرة السوسة الصغيرة
http://www.ctbaplus.fr/

الحشرات البالغة لها طول 2.5 إلى 5 ملم بلون بني أو بني داكن ، أما اليرقات فهي بطول 5 إلى 7 ملم بلون أبيض بشكل محدب ، مدة حياتها من عام إلى أربع سنوات تبعا للظروف المناخية ووجود الفطريات المحللة للخشب ، وتهاجم خشب البناء والنجارة والأعمال الفنية ، وتهاجم الأخشاب الورقية والراتينجية وبالخصوص طبقة الجلب والخشب المتخشب والذي هوجم من قبل الفطريات المحللة للخشب . شكل رقم (131) صورة لحشرة السوسة الصغيرة

أما عن مظهر تلف الخشب فتكون به ثقوب بشكل دائري قطرها من 1 إلى 3 ملم ، والأنفاق أيضا دائرية وبنفس قطر الثقوب ولها اتجاه حسب تعريق الخشب ، أما النشارة فتكون ذات حبيبات دقيقة [1]، تحفر أنفاقا متفرعة تكون بها النشارة ، كما تحوي على الرمل والتراب ، أما مداخل هذه الأنفاق فإنها صعبة الملاحظة من الخارج ، ويبدو سطح الخشب سليما إلى غاية انهياره من الداخل وتخربه كليا .[2]

- **الخنفساء الساحقة (ليكتوس)**

وهي من أفراد عائلة الليكتيدي وتشكل خطورة على الأخشاب الأثرية ويوجد منها نوعان : ليكتوس أفريكانوس ، وليكتوس برونوس ، وسميت بهذا الاسم لأنها تحول الخشب إلى مسحوق ناعم دقيق ، وهي صغيرة الحجم طولها بين 2.5 - 6 ملم ، لونها بني محمر إلى الأسود ، ويوجد بها صفوف متوازية على جناحها الغمدي وقرن الاستشعار ،جسمها مفلطح وعند تمام نضجها يبلغ طولها حوالي 5-7 ملم ، وهي تحدث فتحة خروج دائرية صغيرة قطرها 1- 2 ملم [3]، ودورة حياة حشرات هذه العائلة تستغرق من ثمانية أشهر إلى سنة وقد تمتد إلى عامين ، ويكون لها جيلان تظهر الحشرة الكاملة خلال العام الأول في شهر أفريل

[1]- FCBA Institut technologique -Insectes et champignons du bois - Paris , 2007 , p p 23-25

[2] - دني بييونيه ، المرجع السابق ، ص 47 .

[3]- FCBA , Op cit , p p 33- 35.

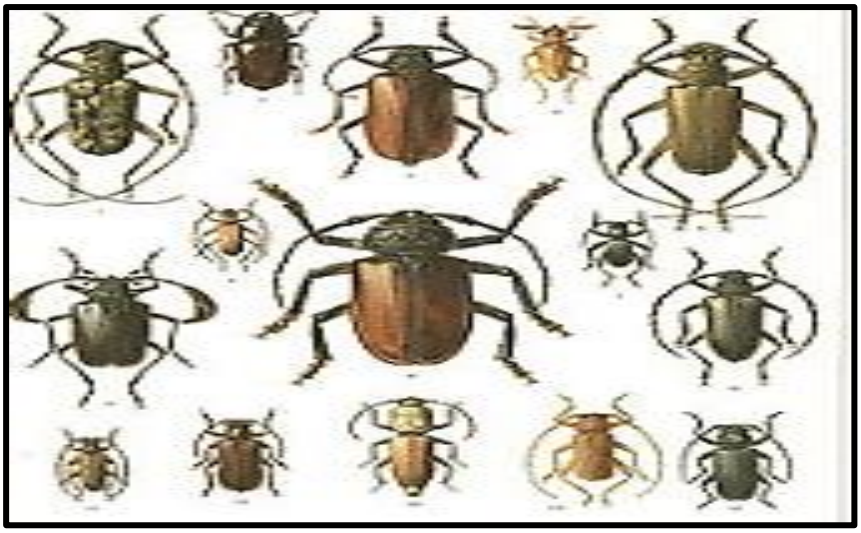
وماي ، والعام الثاني يكون خلال أوت وسبتمبر ، تبدأ دورة الحياة بوضع البيض والذي يفقس بعد 3-7 أيام ، وتتغذي اليرقة على مادة النشاء الموجود في الخلايا البرانشيمية للأشعة ، تخرج اليرقات لتحفر الخشب ثم تدخل في مرحلة الشرنقة بالقرب من السطح حتى تخرج الحشرة كاملة لتضع البيض وتعاود الدورة [1]، والأضرار التي تسببها هذه الحشرة عامة تكون محصورة حيث تكون المحتويات النشوية عالية ، والتلف الذى تسببه شديدا جدا ، إذ أنها قد تحول الخشب إلى مسحوق ، وتصيبه بدمار شديد قبل خروج الحشرة الكاملة ، كما تحفر أنفاقا دائرية موازية لمحور الخشب ، وتهاجم عادة أخشاب البناء والأثاث والتي تنتمي إلى الأخشاب الورقية الاستوائية ، ذات القنوات الكبيرة القطر أكبر من 0.05 ملم .[2] ، شكل رقم (132) صورة لحشرة الليكتيديا ويرقتها ومظهر الخشب التي تتركه .

شكل رقم(132) صورة لحشرة الليكتوس ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .
http://www.groupe-ppf.com/traitement-du-bois/insectes-et-larves

- **الزعفوفيات أو السيرامبيسيدي**

وهى أكثر الأنواع عددا ، توجد في الأشجار والأخشاب الحية ، وبعضها يكون له القدرة على أن يستمر على الأخشاب المستخدمة ، وتصيب عامة الأخشاب وتسبب تلفا جسيما فيها وتتراوح دورة حياتها الكاملة من 4 إلى 11 سنة ، تكون ثقوب خروجها عادة بيضاوية وكبيرة ، وهي تنقر معظم أجزاء الخشب الداخلية قبل خروج الحشرة ومن أنواعها نوع يعتبر الحشرة الرئيسية للخشب الطري وهي الهيلوتروبس باجولوس [3]، كما نجد ضمن أشهر أنواعها قرنبيات المنازل . شكل رقم (133) صورة لعائلة السيرامبيسدي .

[1]- FCBA , Op cit , p p 33- 35.
[2] - CTBA , Le traitement des bois dans la construction , pp 28 - 29.
[3] - Picard.F - Faune de France 20 coléoptères Cerambycidea - Paris , 1929 , p p 2- 4 .



شكل رقم (133) صورة لعائلة السيرامبيسيدي
عن https://motls.blogspot.com

- قرنبيات المنازل

يعتبر نوعا مميزا للصنوبريات ويحدث أضرارا كبيرة على الخشب في المناطق المعتدلة ، ويكون الخشب الذي هوجم من قبل هذه الحشرة بمظهر جيد خارجيا غير أنه متدهور من الداخل ، ولهذا يصعب اكتشافها في البداية ، وتشكل هذه الحشرة مشكلا حقيقيا بالنسبة للمباني الخشبية وخاصة العوارض والأعمدة[1] .

يتراوح طول الحشرة البالغة ما بين 10- 20 ملم ، وهي ذات لون أسود أو بني ، لها قرون استشعار أقصر من طول الجسم ، ويتراوح طول اليرقات بين 20 و 25 ملم وتكون بلون أبيض عاجي ، ذات شكل أسطواني متطاول ، وتهاجم الأخشاب الراتينجية ذات الرطوبة التي تفوق 30 % ، مدة حياتها من 3 إلى 5 سنوات ، وتنمو بشكل خاص في طبقة النجب والخشب المثالي ، وتنتج ثقوبا ذات شكل بيضوي ، يتراوح طولها بين 6 إلى 10 ملم ، وأنفاقها بشكل بيضوي أيضا موازي لمحور الخشب بحواف محززة بشكل خفيف ، تنتج نشارة أو مسحوق يتفتت بسهولة [2]. شكل رقم (134) صور لحشرة قرنبيات المنازل ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .

[1]- Eva Pascual I Miro ; restaurer le bois, p20.
[2] - CTBA , Le traitement des bois dans la construction , pp 14 – 15 .

شكل رقم(134) صورة لحشرة قرنبيات المنازل ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .
http://www.groupe-ppf.com/traitement-du-bois/insectes-et-larves

- **عائلة الدرمستيدي**

شكل رقم(135) صورة لحشرة الدرمستيدي عن www.inaturalist.org/

وهي حشرات ذات دورة حياة كاملة تتميز بالجسم الطويل والشكل البيضاوي ، ذات أحجام متوسطة إلى صغيرة ، والطور الضار لهذه الآفة هو اليرقة التي تتميز بلون يميل للبني وبرأس متميز عن الجسم ذو لون داكن وفم قارض ، وجسم اليرقة مغطى بالكامل أو جزئيا بشعيرات قاتمة اللون تتواجد بين عقل الجسم ، أما في نهاية العقلة الأخيرة فتكون على هيأة شعيرات زيلية ، ومن أهم الأفات الحشرية التي تتبع هذه العائلة وتسبب أضرارا بالغة للأخشاب ، خنفساء الدرمستس شكل رقم (135) صورة حشرة الدرمستيدي ، وهي متوسطة الحجم يتراوح طولها من 3.5 إلى 9 ملم ذات لون بني محمر يميل إلى الداكن ، وتعتبر اليرقة التي تحدث أكثر الضرر أطول أطوار هذه الحشرة عمرا ، وهي تمر بحوالي من 4 إلى 6 مراحل خلال نموها تنسلخ خلالها ، وفي نهاية عمرها تتشرنق في آخر جلد لتعطي طور العذراء ، ويتراوح طول اليرقة من 12 إلى 14 ملم ، وتتغذي على المكونات النباتية والحيوانية .[1]

[1] - نادية لقمة - علاج وترميم مجموعة التماثيل الخشبية التي عثر عليها بمصطبة "كاعبر" – دراسات في علاج وصيانة الأخشاب الجافة - سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب ، المجلس الأعلى للآثار ، مصر ، دت ، ص 87 .

- **سوسة الخشب (الكوركوليونيد)**

شكل رقم(136) صورة لحشرة السوس عن http://www.feedo.net/LifeStyle/Decoration/

يصل طول الحشرة البالغة إلى 5ملم وتكون بلون بني ، أما اليرقات فطولها ما بين 3 إلى 4 ملم وتكون بلون أبيض بشكل شديد التحدب ووجود أشواك صلبة ، تظهر طول السنة مدة حياتها عام واحد[1] ، وتبقى في الأنفاق وتواصل الحفر ، تهاجم الأخشاب الورقية والراتينجية ، شكل رقم (136) صورة لحشرة السوس ، والمستعملة في البناء والأثاث والتي تعرضت لتلف الفطريات المحللة ، وتصنع هذه الحشرات ثقوبا بيضاوية بقطر 1.5 إلى 2 ملم ، ولها أنفاق موازية لتعريق الخشب ، أما النشارة فتكون جد رقيقة والحبيبات بشكل متباين [2].

- **الهيسبيروفان**

طول الحشرة البالغة بين 13 و 24 ملم ، تكون بلون بني محمر بمظهر رخامي ذات زغب مغبر أو أبيض ، تكون اليرقات بطول 25 إلى 30 ملم ذات لون أبيض عاجي وبشكل أسطواني متطاول ، تظهر الحشرات البالغة بين ماي وأوت ، وتكون الإباضة في الشقوق وكسور الخشب ، وتنمو اليرقات في طبقة الجلب أو في الخشب المثالي ، مدة حياتها عامين أو أكثر ، وتهاجم الخشب المخزن الذي نسبة رطوبته أقل من 30 % ، كما نجدها في الأخشاب الورقية خصوصا وخشب الخدمة والبناء ، تصنع ثقوبا بيضاوية بقطر 12 ملم ، والأنفاق بيضاوية أيضا وموازية لتعريق الخشب لها حواف محززة ، وتكون النشارة بلون أصفر فاتح تتشكل من حبيبات صغيرة [3]. والشكل رقم (137) صورة لحشرة ويرقة الهيسبيروفان ومظهر الخشب المصاب بها .

[1] - Marie France Roquebert , Op cit , p 138.
[2] - FCBA , Op cit , p p 31- 32.
[3] - CTBA , Le traitement des bois dans la construction , pp16-17 .

شكل رقم(137) صورة لحشرة الهيسبيروفان ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .
عن CTBA بتصرف

- **البسترشيات**

طول الحشرات من 9 إلى 14 ملم لها شكل أسطواني بغمديات منقطة بالأحمر الأجوري أو الأسود ، ورأسها مغطى بغطاء أو قبعة سوداء ، يرقاتها بطول من 8 إلى 16 ملم ذات لون أبيض بشكل محدب ، تظهر عادة بين أفريل وجويلية مدة حياتها عام واحد ، تهاجم الخشب المقطوع حديثا والمستعمل في الخدمة كالبناء والجسور ، وتهاجم الخشب الورقي الغني بمادة الأميدون ، كما تصنع ثقوبا دائرية بقطر من 3 إلى 5 ملم ، وتكون النشارة رقيقة وشديدة التكدس [1] .

- أضرار الحشرات

- ترجع خطورة الناخرات السابقة إلى طور اليرقة الذى يكون عامة على شكل دودة فهي تسبب أضرارا بالغة للآثار عن طريق عمل أنفاق وسراديب داخل الخشب خاصة تحت السطح وإلى أعماق مختلفة ، ولا تترك إلا مداخل دقيقة جدا يصعب رؤيتها بالعين المجردة . وتختلف الثقوب التي تحدثها هذه الحشرات في اتساعها وشكلها وكذلك شكل البودرة المتبقية على حسب نوع الحشرة المهاجمة للخشب[2].

- وتتوقف خطورة الإصابة على مدى بقائها واستمرارها ، والتي بمرور الوقت تتسبب في انهيار طبقة السطح الخارجي للخشب ، وعامة فإن مداخل دخول اليرقات للخشب تختلف عن

[1] - FCBA , Op cit , p p 39-41.

[2] - أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد **:"** المواد الخشبية تلف وصيانة " ، في مجلة الملوية للدراسات الآثارية والتاريخية ، المجلد 3 ، العدد 6 ، السنة الثالثة ، تشرين الأول 2012 ، ص 82 .

مخارج الحشرة الكاملة في الشكل والحجم ، ويرجع ذلك لاختلاف حجم وشكل الحشرة الكاملة عن اليرقة[1].

- ومعظم ناخرات الأخشاب عامة تفضل الأخشاب القديمة ، ويرجع ذلك الى التغيرات الكيميائية التي تحدث له والتي تسهله وتحسنه كطعام للحشرة ، أو بسبب تواجد بعض الكائنات الحية الدقيقة عليه ، بجانب أنها توفر مكانا مناسبا لوضع البيض في الشقوق والفجوات[2].

- كما يمكن التعرف على وجود الاصابة بالحشرات من وجود بودرة الخشب حيث أن وجودها يؤكد الاصابة الحشرية ، وأحيانا قد تظهر الاصابة في شكل انفصال جزء من الخشب وهذا يكون في الحالات المتقدمة ، كما يمكن التعرف على نوعية ناخرات الأخشاب من حجم الثقوب التي تحدثها أو بواسطة طبيعة ومدى انتشار الاصابة [3] ، ولكن أكثر الطرق ضمانا هي الدراسة الميكروسكوبية للديدان الصغيرة أو الحشرات الكاملة النمو ثم تقارن بالصور المجهرية المكبرة والرسومات .

ثانيا – الأرضة

شكل رقم(138) صورة للأرضة عن / http://termites4.com/

ويتبع هذه الرتبة أنواع النمل الأبيض وهى حشرات تعيش عيشة جماعية في مستعمرات لها نظام الطبقات ، كما أنها تختلف في الشكل بما يناسب وظائف كل منها والتطور يكون ناقصا تدريجياً في الأفراد المجنحة وبسيط في الأفراد غير المجنحة [4]، وهي تتغذى بالمواد السليلوزية والسقوف الخشبية ،أخشاب الأبواب ،النوافذ و الأرضيات ، شكل رقم (138) صورة للأرضة وهي تعيش في أنفاق تحت الأرض في مستعمرات أو في أنفاق طويلة متشابكة داخل الأخشاب بعيدا عن الضوء الذى يؤذيها ، ويمكن التعرف على اصابات النمل الأبيض في الأخشاب من وجود أنفاق ضيقة وتجويفات في الخشب نتيجة لحفر النمل

[1]- Carle P - Les Insectes xylophages une menace permanente pour la foret et pour les bois d'œuvre - SD , p12.

[2] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 108.

[3] - CTBA , Op cit , p 82.

[4]- أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد ، المرجع السابق ، ص 83.

بها . وقد تؤدى الاصابة بالنمل الأبيض الى تلف وتآكل لكل الأجزاء الداخلية للخشب تاركة الخلية الخارجية فقط سليمة ، كما أنه قد يسبب أضراراً كثيرة لعديد من المواد الأخرى أثناء المجهود الذى يبذله للحصول على السليولوز [1].

2.4.2.1 - الفطريات

يمكن تعريف الفطريات بأنها عبارة عن نباتات دنيا لها جسم نباتي يتألف من منابر مجهرية ، بإمكانها أن تتجمع بأشكال مختلفة ولكن بأعضاء وأنظمة مختلفة عن النباتات العليا ، كما تختلف عنها بعدم امتلاكها لليخضور في خلاياها ، وهذا ما يجعلها غير قادرة على التمثيل الضوئي ، بحيث تتغذى على بعض المكونات العضوية الموجودة في الخشب [2].

والفطريات كائنات هوائية تحتاج للأكسجين لتعيش ، كما تحتاج إلى الماء بكميات مرتفعة ، وفي وجود هذه الشروط يكون نشاطها وفعاليتها أكثر كثافة ، كما يجب أن تكون الحرارة مثالية وعادة ما تكون بين 20 – 25 °م ، كما تعتبر رطوبة الخشب أيضا عاملا مؤثرا إذ يجب أن لا تقل على 20 % ، وهذا يعني أن الأخشاب الجافة لها مقاومة طبيعية لمهاجمة الفطريات [3] .

وهناك مجموعتان من الفطريات تتلفان الخشب ولكن بصفة متفاوتة بحسب المجموعة التي تنتمي إليها ، إذ يمكن أن يتغير مظهر الخشب خاصة اللون أو يغير الخصائص الميكانيكية والفيزيائية له .

تسمى المجموعة الأولى **بالفطريات الملونة** وهي في الغالب غير قادرة على اتلاف أغشية الخلايا التي تشكل الهيكل الخشبي ، ولكنها تعيش على بعض المكونات المخزنة في نسيج الشكير ، وهذا ما يجعل تأثيرها مقتصر على طبقة الشكير فقط ، وتنتج ألوانا مختلفة أهمها على الاطلاق هو الإزرقاق والذي له دور في تدهور أسطح بعض الأثاث الخشبي الخارجي ، والذي لا يمكن أن يظهر إذا كانت مطلية . [4]

- أما المجموعة الثانية فهي **الفطريات الخاشبة** وهي المسلحة بالأنزيمات والقادرة على تدمير جميع أو بعض مكونات العناصر الخشبية ، وتنتج التعفن بالأشكال التالية :

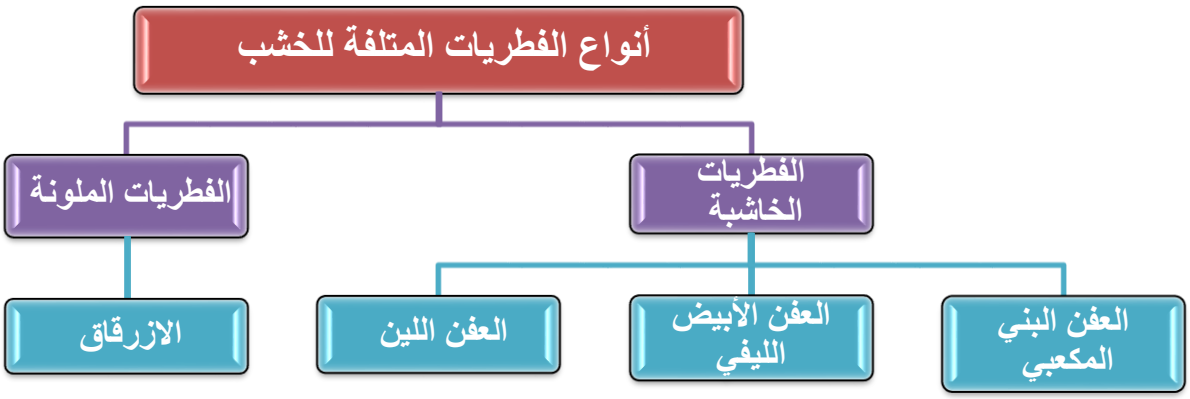
[1] - Eva pascual i Miro , Op cit , p 20.
[2]- AFNOR - Préservation du bois - Recueil de normes françaises , 2e édition , 1989 , p 257 .
[3] -Ibid , p p 257, 259.
[4]- Ibidem , p 257.

- التعفن الليفي : والذي تسببه مثلا Phellinus megaloporus Persoon في أعمدة خشب البلوط المغمورة في الماء .

- التتعفن المكعبي : وتسبب فيها فطريات الميرال مثلا Serpula Lacrymans Persoon أو فطريات التجاويف مثل Coriophora Cerbella .

- التعفن اللين : ويكون في الخشب المغسول الموجود في المبردات الصناعية ، وتسببه أنواع مثل Chaetomium globosum .

وفي جميع حالات العفن يكون هناك تلف وتدهور للخصائص الميكانيكية وبالخصوص مقاومة الانحناء السكوني أو الحركي التي تتأثر بسرعة ولو كان الهجوم خفيفا ، وتؤثر بإضعاف المقاومة الميكانيكية [1]، وفيما يلي الشكل رقم (139) مخطط لأنواع الفطريات المهاجمة للخشب .



شكل رقم(139) مخطط لأنواع الفطريات المتلفة للأخشاب عن الباحثة

أولا – الفطريات الخاشبة

أ- التعفن البني

ينتج هذا التعفن من خلال تلف الهيميسليلوز و السيليلوز، حيث تفقد جدران الخشب بنيتها وتصبح عبارة عن مواد متبلورة ، فنلاحظ ظهور مكعبات على الخشب المصاب، التي تمثل مادة اللجينيين المتبقية لوحدها بعد أن استهلكت أو أتلفت مادتي السيليلوز والهميسيليلوز[2]،

[1] - AFNOR , Op cit , p 257.

[2] - D. Viala- Contribution a l'étude des modifications anatomiques et chimiques des bois attaqués par des Champignons - Ecole N.A.T, Paris, 1963, p. 25.

وبعدها يفقد الخشب مقاومته الميكانيكية، وتكون المكعبات يكون بعد امتصاص الماء الموجود في البنية الخشبية من طرف الفطريات، وبعدها تظهر شقوق في الاتجاهين الطولي، والعرضي مشكلة بذلك مكعبات صغيرة ، يسمى هذا النوع بالتلف المكعبي[1] ، ونجد عدة أنواع من الفطريات الهدامة، على عكس التعفن الأبيض الذي يؤثر على مادة السيليلوز فقط ، وتبقى مادة اللجنين التي لها لون بني، وهذا ما يفسر تلون الخشب باللون البني، والفطريات الرئيسية المتسببة للتعفن الأسمر أو المكعبي هي الفطريات الدعامية التالية: ميريل الباكية ، كورنيفور الأقبية أو السراديب ، البوريا و اللونزيت[2].

وتعد هذه الفطريات من بين أخطر الأنواع التي تهدد الخشب بالتلف، خاصة خشب البناء، المتصل بالأرضية أو بمواد البناء الرطبة [3] ، ينبع النشاط الهدام للفطريات من قسم المشيجة ، حيث يتركز نشاطه تبعا لتجمع العناصر الموزعة في حجم الخشب، أين يتشكل النخروب ويتمادى في الكبر حتى يصبح عبارة عن مرافد أو تجمعات ، فُتكسى الجدران الخشبية بمشيجة الفطر، ويطلق على هذا التعفن اسم التعفن النخروبي، الذي يوافق التعفن الأنبوبي الشكل [4]، حيث يتجه الفطر بالتطور باتجاه الألياف الخشبية وينتج تجويفات أنبوبية على الجدران الليفية، وخلال التطور الأول لهذا النوع من التعفن فإنه يظهر على شكل أشرطة طولية، يجتاح الجسم الخشبي كلية و ينحل لونه، ولكن لا يتلف بصفة كبيرة أي حتى الانهيار[5] ، ومن أهم الأنواع الفطرية الهدامة نجد :

❖ **الفطريات الباكية أو الميرال**

يعرف هذا النوع من الفطريات باسمه اللاتيني العلمي ساربيلا لكريمان ، وهو من بين أخطر الأنواع الفطرية التي تتدخل على الخشب، ويزداد خطرها عندما تتوفر الشروط اللازمة للنمو والتأقلم، فهي تُنتج أخطار جد بليغة في وقت قصير، ويسمى التعفن الناتج عنها بالتعفن

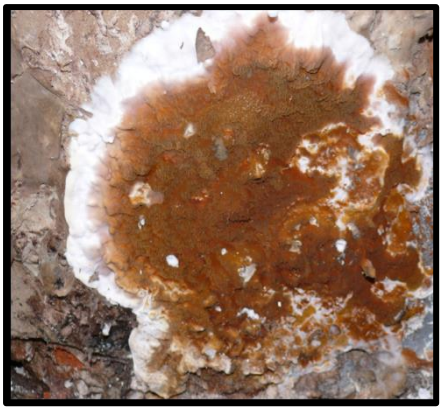
[1] - D. Viala, Op.cit, p. 26

[2] -H.G. Karl, H. Dieter, et al - Construire en bois, Choisir, Concevoir, Réaliser- Presse polytechniques et universitaires Romandes, s.d, p .40.

[3]- H.G. Karl, H. Dieter, et al, p. 41

[4]-C. Jacquiot - Ecologie des champignons forestières - Gouthier – Villars, Paris, 1978, p. 46.

[5] -Ibid, p. 46



شكل رقم (140) فطر الميرال عن-www.expert merules-termites.fr

البني [1] ، وهو تلف سريع الانتشار على الجسم الخشبي، خاصة عندما يتعلق الأمر بالأنواع الخشبية الورقية على حساب الأخشاب الراتنجية [2] شكل رقم (140) صورة لفطرالميرال .

- يتواجد هذا النوع بصفة خاصة على العناصر الخشبية القريبة أو المتصلة بالأرضية، والتي تحتوي على كمية معتبرة من مادة السيليلوز، كما أنه يحتاج إلى مواد غذائية معينة مثل المركبات الكربونية، والهيدروجينية العضوية وكذا المواد السيليلوزية، كما أنه يفضل الانتشار والتكاثر في الظلام وفي مدة طويلة داخل التجاويف والثقوب وفي وسط الجدران، ويمكنه أن يتطور في مدة ما بين سنة وثلاث سنوات خفية، قبل أن يصبح مرئيا، وعندها يكون قد استهلك كميات معتبرة من المواد الغذائية [3] ، تنتقل عدوى هذا الفطر بفعل المشيجة أو البوغ وعلى حسب المواد الغذائية المتواجدة في الوسط، يمكن للفطر أن يستغرق مدة متفاوتة في الانتشار والتكاثر مستندا في ذلك على مشيجته والتي تتكون من خيوط ليفية و هيفة وهي بسمك قلم الرصاص [4] ، هذه الخيوط المشجية الرمادية تتوسع إلى بضعة أمتار و تنغرس بكل سهولة في الشقوق والثقوب، كما أنه يستعمل المشيجة في استخلاص وامتصاص المواد الغذائية من الماء سواء أكان الماء المحتوى في الخشب، أو الماء الخارجي [5] ، يتميز هذا الفطر بعدة علامات تدل على تواجده، إذ أن مشيجته لها لون أبيض، وفي بعض الأحيان رمادية، وتتجمع على شكل قطن مندوف، والتي تعطي لون رمادي مع مرور الزمن، وهذه المشيجة حساسة للتيارات الهوائية، هذا ما يدل على تواجدها في الأماكن التي تقل بها من التهوية، ويثمر هذا الفطر على شكل قماش مفتول بسمك 2 سنتيمتر أو أقل، ويمكن أن يصل قطره إلى 1متر على السطح، وهذه الثمار لها لون مصفر أو محمر، وهي على شكل فراش غير منتظم السطح، كما أنها تحتوي على

[1] - Marie France Roquebert , Op.cit, p130.
[2]- C. Jacquiot - Etudes anatomique des lésions caractéristiques de la maladie de bois - Masson édit, 1951, p.56.
[3]-D. Viala, Op.cit, p. 49
[4]-C. Jacquiot, Op.cit, 1951, p. 57.
[5]- Ibid, p. 57

كميات كبيرة من الهيفة المحاطة بجوانب الفطر، ويمكن أن نميز أزهاره التي تكون على شكل بقع صدأ سمراء .[1]

- يحتاج للنمو لرطوبة خشب ما بين 22 إلى 35 % ويتوقف إذا وصلت رطوبة الخشب إلى 40% ، بينما يحتاج لحرارة مثالية بين 20 إلى 26 °م ولا يقاوم الحرارة العالية ، ولكن بإمكانه النمو بين 7 و 20°م ، يحتاج للوسط المغلق والظلام في مرحلة الانبات ، بينما أثناء الاثمار يحتاج للضوء .

- يظهر التلف في شكل إماهة للسيليلوز ، لون بني ، انقسام وانشقاق الخشب بحسب المستويات الثلاثة ، ويظهر الخشب بقوام منكسر وجاف [2] .

❖ **فطريات الأقبية أو السراديب**

ينتج هذا النوع من الفطر تعفن بني، وهو نوع مدمر لبنية الخشب مقارنة مع الفطر السابق، و يعيش في الأقبية وأسفل المنازل ويهاجم الخشب الوريقي [3] ، بصفة عامة فان هذا الفطر يتواجد في نفس أماكن تواجد النوع السابق، إلا أنه يحتاج إلى الخشب الشديد الرطوبة، وهي شروط جد ملائمة للنمو والتطور مثل خشب البناء غير المحمي من المياه والرطوبة، أو الخشب المتصل بالأرضية الرطبة [4] ، تتواجد فطريات السراديب خاصة في العمارات بين مواد البناء حيث يتسرب داخل شقوق و ثقوب الجدران، ومواد البناء وكذا الأسطح، وهو قادر على قطع عدة أمتار خلال انتشاره دون أن تتوفر عنده مواد غذائية، وفي أغلب الأحيان يتصل بالخشب لأنه وسط ملائم للتغذية، حيث ينمو بعيدا عن الأخطار بين الطبقات العازلة وتحت الدعامات الخشبية، وهو لا يشكل خطر العدوى إلا عند توفر الرطوبة العالية في الوسط [5] ، عند توفر شروط النمو العادية فان هذا الفطر يتشكل من مشيجة رقيقة وضعيفة، ويعرف الفطر من خلال روابطه السمراء القاتمة والمتشكلة على شكل جذور متكسرة وخيطية السمك، تبدو هذه الروابط الصغيرة جد رصينة و متصلبة، كما أنها تمثل التفرع النموذجي للخيوط الليفية القديمة، إذ أن لونها بني وتمر بالون الرمادي الفاتح، والأسمر

[1]- Weissenfeld Peter , König Holger ; Entretien écologique du bois , p39.
[2] - CTBA , Op cit, pp 61 -62.
[3] - C. Jacquiot- Observation sur les relations entre la flore de champignons lignicoles et les traitements forestiers en foret - travaux des naturalistes de la vallée de Loing, FASC, Paris, 1955, p. 10.
[4] - Marie France Roquebert , Op.cit, p 131.
[5]- C. Christian - Les champignons du bois, Conseil canadien du bois - Lomer printers LTD, Canada, 2002, p. 62.

الفاتح، لتصبح في الأخير سوداء اللون وأغلبية هذه الروابط تكون شعيرية الشكل، حيث يصعب فصلها عن الخشب، وعند المحاولة تتكسر، وأي جزء يبقى عالقا بالجسم الخشبي يعاود النمو والتطور ليصبح فطرا جديدا ناقل للعدوى و الانتشار[1]، يثمر هذا الفطر على شكل قشرة أو غشاء رقيق أسمر اللون مع وجود حواف بيضاء مصفرة معلقة في السطح، كما هو الحال للنوع الأسمر، كما لا نجده يحتوي على روابط تلتصق بالثمار، أي أن الثمار ليست مرتبطة بشبكة الخيوط الليفية، وله هيفة خضراء زيتونية، ولا تميز إلا بالعدسات المكبرة [2] .

- يحتاج إلى رطوبة خشب بين 40% وتكون مثالية بين 50 و60% ، ودرجة حرارة بين 24 و 35°م ، وإلى وسط مغلق ومظلم .

- ويكون التلف بشكل بني مكعبي [3] .

❖ **البوريا**

يعرف باسمه العلمي بوريا فيالونتي ينمو على الخشب، ويعد من أخطر الأنواع، نظرا للأضرار التي تنتج عن تواجده، لكنه غير منتشر في المباني مقارنة مع النوعين السابقين [4]، يتواجد هذا النوع من الفطريات على الخشب الراتنجي، لأنه يتغذى من مادة الراتنج التي تحتوي على مواد جليكوسيدية، ولكن يشترط في تواجده أن يكون الوسط ذو رطوبة عالية، وقبل أن تتطور إلى فطريات تكون عبارة عن كائنات مجهرية ملتصقة بخشب البناء الذي يكون ملامس لمواد البناء التي تحتفظ بنسبة رطوبة عالية، حيث يلتصق بشقوق وفتحات الجدران عندما يكون في طوره الأول، ثم ينتقل إلى الجسم الخشبي الذي يمثل له المكان المفضل والأخير للتغذية و للاستقرار[5] ، يتميز هذا النوع عند ظهوره كفطر بمشيجته البيضاء المنتشرة بقوة، ولونها لا يتبدل مع مرور الزمن، ولها روابط تشبه تلك التي عند نظيرتها الأولى، لكنها تبدو صغيرة ومطاطية عندما تكون جافة، ولها قشرة رقيقة جدا، عليها

[1] -C.M. Moreau -Etude mycologique de la maladie de l'encre du chêne, Pathologie végétale et entomologie agricole de France- Edition Eyrolles, Paris, 1985, p. 62.
[2] -C.M. Moreau, op cit , p 62 .
[3] - CTBA , Op cit, pp64.
[4] -C. Jacquiot, Op.cit, 1985, p. 52.
[5] -C. Jacquiot, Op.cit, 1978, p. 70.

مسامات ترى بالعين المجردة، وهي متدلية مثل بلورات الثلج المتجمدة [1] ، لهذا الفطر ثمار تتميز بمساماتها المرئية، وتتشكل تحت سطح الخشب بلون أبيض أو بني، والهيفة ليس لها لون ولا يمكن التعرف عليها إلا بالعدسات المكبرة [2] ، يشترط في تواجدها أن يكون الوسط بدرجة حرارة ما بين 3°م إلى 36 °م، وأفضل درجة تكون ما بين 26 °م الى 27 °م ورطوبة الجسم الخشبي ما بين 35 % إلى 45 % [3] .

❖ **لونزيت**

اسمه العلمي اللاتيني جليوفيلوم يتدخل هذا الفطر في تلف خشب البناء، وبصفة خاصة تلك المتواجدة في الواجهات الخارجية كالنوافذ و الأبواب و الدرابزين، أين يفضل الاستقرار على الخشب الراتنجي بصفة خاصة، وهو قليل التواجد على الخشب الوريقي، وله مشيجة متواجدة إما داخل الشقوق، أو في فتوحات الأخشاب، أو بين الأخشاب المتلاصقة، يتأثر هذا النوع في نموه بدرجة الحرارة إذا زادت عن 5° م إلى 35 °م، وكذا الرطوبة المفضلة هي 40 %، هذا ما يفسر مدة حياته القصيرة في المناطق الجافة والحارة[4] ، وبصفة عامة فان مشيجة الفطر لا تظهر على السطح، وعندما يتدخل على البنية الخشبية يحدث تلف بلون أسمر يبدأ من داخل الجسم الخشبي ، ولا يلاحظ هذا التلف إلا عندما يصبح في طوره النهائي، الذي يتطابق مع ظهور جهاز الإثمار، وعند الإصابة بهذا الفطر فان الخشب يظهر عليه شرائط محبوكة من الخيوط السمراء أو الصفراء، التي تأخذ فيما بعد لون أسمر محمر، وعليه فان هذا الفطر يتشكل بالأفضلية على سطح الخشب، قبل أن يأخذ أشكال متعددة، وعندما يبدأ بالإثمار تتكون شرائط طويلة و تتموضع على الخشب بأشكال نصف دائرية تخرج من بنية الخشب وتلتوي نحو الأعلى، وهيفة الفطر تتميز بإمكانية انتاشية عالية جدا [5]، ينمو ويتطور هذا الفطر في شروط مناخية متميزة، فالحرارة المفضلة لنموه تتراوح ما بين 29 °م الى 30 °م، والرطوبة تقارب 38 % [6] .

[1] --C. Jacquiot, Op.cit, 1978, p. 72.
[2]-C. Jacquiot, Op.cit, 1985, p. 52.
[3] - Ibid, p. 53
[4] - D. Viala, Op.cit, p. 22.
[5] - C. Christian, Op. cit, pp 41, 42.
[6] -D. Viala, Op.cit, P 22

ب- التعفن الأبيض (تلف اللجنين)

شكل رقم (141) التعفن الابيض عن-www.expert merules-termites.fr

التعفن الأبيض مظهر من مظاهر التلف التي تتسبب في ظهوره عدة أنواع من الفطريات والطفيليات، ينتج هذا التعفن من خلال إتلاف أحد العناصر الأساسية المكونة للبنية الخشبية، ألا وهي مادة اللجنين ذات اللون الأسمر، وفي بعض الحالات نجد أن مادتي السيليلوز والهميسيليلوز تتلفا بالموازاة مع تلف مادة اللجنين، وتكون درجة التلف متفاوتة ، إذ قلما تتلف مادتي السيليلوز الهيميسليلوز وإن حدث هذا فلا يكون بنفس درجة التلف مقارنة بما يظهر من خلال التعفن الأسمر السابق الذكر، بينما تلف مادة اللجنين فيكون بصفة كبيرة ودرجة عالية، ولذلك يطلق على هذا المظهر بتلف اللجنين وعندما تتلف هذه المادة يتلون الخشب باللون الأبيض ، و المسؤول عن هذا اللون هو وجود مادتي السيليلوز والهميسيليلوز المتبقيتان بعد اندثار مادة اللجنين، ووصف هذا النوع من التلف يحتاج إلى تشخيص نوع الفطر المسؤول عنه، إذ أن هناك عدة فطريات وطفيليات مسؤولة عن ظهور هذا النوع من التلف [1]، وهناك نوعان أساسيان هما : البقع الملونة ، التعفن اللزج ، وتكون درجة خطورتهما في الغالب من الناحية الجمالية، إلا أن نوع التعفن اللزج يسبب في بعض الأحيان ضررا في البنية الخشبية من خلال السوائل الناتجة عنه خاصة أثناء مرحلة الاثمار السنوية [2]. شكل رقم (141) التعفن الابيض

❖ **فطر البولي بور متعدد الثقوب**

اسمه العلمي هو Donkioporia expansa Desm ويندرج ضمن العفن الليفي الأبيض ، تنمو على الأخشاب الورقية الشديدة الرطوبة وبالخصوص البلوطيات كما يمكن أن يهاجم الأخشاب الراتينجية ، له مشيجة بيضاء لبدية رقيقة بشكل وسائد ، والتي تصبح مصفرة ثم سمراء عندما تتقادم ، وتأخذ قوام جاف وصلب ، ويثمر بتشكيلات تشبه الحلمات غير منتظمة البنية تشكل أنابيب رقيقة وطويلة وتتوضع أحيانا في طبقات متراصة .

[1] -H. Roques - Précis de cryptogamie - Librairie Maloine, Paris, 1952, P 229.
[2] -D. Viala, Op.cit, P 18.

يحتاج إلى رطوبة مرتفعة تكون اعلى من 40 % ، أما درجة الحرارة فتكون بين 25 ° م و35° م ، كما يفضل الأماكن المظلمة القليلة التهوية وخشب الأسقف ، أما عن مظهر تلف الخشب فيكون بلون ابيض وبشكل لين وضعيف وبتفكك ليفي ، ويمكن أن يهاجم الخشب في المراحل المتقدمة من طرف السوسيات الكبيرة [1] .

ج- التعفن اللين / اللزج

عبارة عن هلام لزج ذو لون أبيض، يظهر كقشرة لزجة فوق سطح الخشب، ثم يتمادى في التفاقم واستهلاك المكونات الخشبية الكيميائية وخاصة مادة اللجنين، ويمكن أن ينتج عن تواجده مظهر آخر للخشب، وهو ظهور الخشب على شكل مكعبات متقطعة ، ينتشر التعفن اللزج على الخشب الرطب، المتصل بالأرضية أو مواد البناء في درجة حرارة 20 °م، و نسبة رطوبة تتراوح ما بين 50 % إلى 120 %، ويشكل أضرار بليغة، تنعكس في بداية الأمر على الناحية الجمالية، كتلون الخشب مثلا، ومع مرور الوقت وتزايد نشاط الفطر بمساعدة بعض الإنزيمات، تصل خطورته إلى إتلاف مادة اللجنين، وبعدها المواد الأخرى كالسيليلوز الهيميسليلوز والنشاء، وحينها يفقد الخشب مقاومته، صلابته، ويصبح غير صالح للاستعمال [2] .

ينتج التعفن اللزج من خلال تواجد بعض أنواع الفطريات، التي في الغالب ما تكون مسؤولة عن ظهور هذا التلف أو التعفن، وهي تندرج ضمن عائلة كبيرة تسمى الزقيات ، وهذه الأنواع تتشابه فيما بينها من حيث الخصائص الفيزيولوجية الإنشائية والمكونات الكيميائية والإنزيمية [3]، وعليه فمن الصعب التفريق بينها، هذا ما يجعلها تسمى في الغالب باسم عائلتها، ويمكن التعرف عليها في الخشب من خلال تواجد الفراغات الطولية في طبقات الجدار الثانوي للخلية الخشبية ، وفي القطاعات العرضية تظهر تلك الفراغات على هيئة ثقوب مستديرة في الجدار الخلوي ، فإذا كان عدد الثقوب قليل والأقطار صغيرة دل ذلك أن الاصابة في مراحلها الأولى ، وكلما زاد عدد الثقوب دل ذلك على تطور مرحلة الاصابة ،

[1] - CTBA , traitement de bois , pp 67-68.
[2] -C. Jacquiot, Op.cit, 1967, P 62-60
[3] - C. La petite, Op.cit, 1970, P 31

وفي حالة المراحل المتقدمة فإن الخشب يفقد متانته ويصبح ضعيفا وبالتالي يفقد جل الخواص الميكانيكية ، كما يجعل الخشب بمظهر اسفنجي [1] .

ولهذه الفطريات القدرة على مهاجمة الخشب الأثري، وهدم المكونات الأساسية له ، إضافة إلى أنواع البكتيريا و الإنزيمات التي ترافقه [2] .

ثانيا: الفطريات الملونة

أ ـ الازرقاق

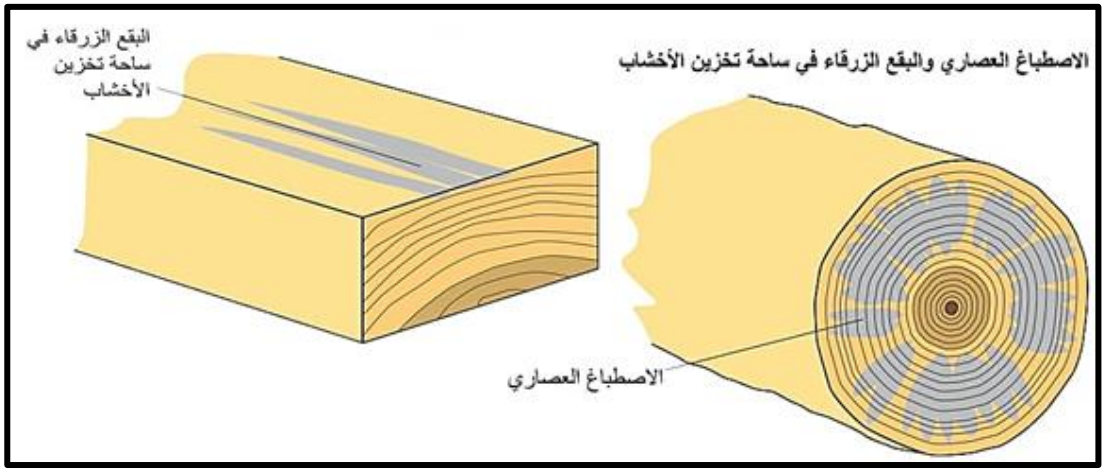
تنتج البقع الزرقاء عن الفطريات التي تنمو وتغير لون الخشب، مما يجعل من السهل اختراق الماء للخشب. إلا أن ذلك لا يؤثر على قوة الخشب. إن فطر البقع الزرقاء ينمو في ظروف الرطوبة ودرجة الحرارة التي تنمو فيها فطريات تحلل الأخشاب (0 - 40 درجة مئوية)، إلا أنها يمكن أيضاً أن تنمو في درجات حرارة أقل تصل إلى 3 درجة مئوية تحت الصفر. وفي درجات الحرارة المنخفضة تلك تكون فطريات البقع الزرقاء عديمة اللون، ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. ويظهر اللون عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 8 - 10 درجات مئوية ويمكن أن تبقى لمدة أسبوع أو ما شابه ذلك. وتجدر الإشارة إلى أن الخشب العصاري من أخشاب أشجار الصنوبر هو الأكثر عرضة لهجمات فطر البقع الزرقاء، إلا أنه يتم أيضاً مهاجمة الخشب العصاري من أخشاب أشجار التنوب. قد تبدو البقع الزرقاء من الوهلة الأولى كما لو أنها عفن، إلا أنه يمكن معرفته إذا كان الخشب أزرق اللون تحت السطح أيضاً. ويمكن فحص ذلك من خلال القيام بقطع جزء من الخشب بالسكين. يمكن أن تنمو فطريات البقع الزرقاء في كتل الخشب (الاصطباغ العصاري)، أو قطع الخشب الذي لم يتم تخزينه بشكل جيد (البقع الزرقاء في ساحة الأخشاب)، وفي موقع البناء إذا لم يكون الخشب محمياً من الرطوبة. ومن ثم ينبغي أن يتم تجنب البقع الزرقاء في ألواح التكسية الخارجية، على سبيل المثال، إلا أن وجودها في الخشب المغطى لا يُشكل أية مشكلة [3] لا يؤثر هذا النوع على الخصائص الميكانيكية للخشب ، لكنه يفقده المظهر الجمالي لذلك يتجنب استعمال

[1] ـ محمد عبد الله إبراهيم ، علاج التحف الخشبية ، ص 179 .

[2]- W.P.k. Findlay-Studies in the physiology of Wood – destroying fungi- Botanique institutue, new series, 1940, pp. 701, 708.

[3] -https://www.swedishwood.ae/about_wood/choosing-wood/wood-and-moisture/microorganisms/

هذا الخشب في النجارة بينما يمكن استعماله في البناء . شكل رقم (142) البقع الزرقاء الناتجة عن الفطريات في الخشب



شكل رقم (142) البقع الزرقاء الناتجة عن الفطريات في الخشب بتصرف

- تشكل أنواع الفطريات السالفة الذكر خطر هدم وإتلاف البنية الخشبية إذا ما توفرت لديها شروط العيش و التطور، ويلاحظ أن هذه الفطريات لها نوعين من التدخل أحدهما يكون على مستوى عمق البنية الخشبية - جدار الخلايا- حيث المكونات الكيميائية الأساسية وهو نوع مدمر للألياف وللهيكل الخشبي بصفة عامة ، والآخر يكون على مستوى سطح الخشب ويظهر من خلال البقع المختلفة الألوان، و تلف هذا الأخير أقل خطورة عن النوع الأول لكن إذا ما تعلق الأمر بإصابة مواد لها قيمتها التاريخية و الأثرية فلا يمكن الاستهانة بخطورته[1].

3.4.2.1– البكتيريا

هي كائنات حية وحيدة الخلية حيث تتركب من نواة يحيط بها السيتوبلازم والتركيبات الداخلية الأخرى [2] ، وهناك أنواع كثيرة للبكتيريا منها : الضوئية ، المؤكسدة للكبريت ، وذاتية التغذية ، ولا يقتصر دور البكتيريا على مهاجمة المكونات المعدنية في مواد البناء [3]، بل يتعداه إلى المواد العضوية مثل الأخشاب وخاصة العناصر المطمورة في التربة وأساسات المباني ، حيث تهاجم الجدر الخلوية وتتلف الأغشية النقرية وتثبت النيتروجين

[1] - Olaf schmidt – wood and tree fungi biology , Damage , protection and Use , springer , Germany , 2006, p135.

[2] - ربعين أعمر - مناهج وتطبيقات حفظ وصيانة وترميم الممتلكات الثقافية الخشبية دراسة البكترولوجية لبكتيريا الخشب الأثري - رسالة دكتوراه صيانة وترميم ، معهد الآثار ، 2015 – 2016 ، ص 46 .

[3] - محمد عبد الله إبراهيم ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 166

داخل الخشب ، كما أنها تستخدم المواد الغذائية وتحفر أنفاقا في طبقتي S_1 و S_2 ، وتبدأ عملية اختراق الجدر الخلوية بالتصاق البكتيريا بسطح الطبقة S_3 ، وتنعدم مع الانقسامات البكتيرية إلى كل من طبقتي S_1 و S_2 ، وينتج تكوين الأنفاق عن قدرة البكتيريا على تحليل السليلوز واللجنين ، وتتسبب في ليونة الخشب المصاب وفقد نهائي لقوى الألياف ، وتكون طبقات السطح ذات ملمس اسفنجي وسطح الخشب المصاب لين ذا لون بني ، وقد يصبح لون الخشب في بعض الحالات مائل إلى الرمادي وذو ملمس وقوام دهني ، كما أنها تحدث فجوات وفراغات في قصيبات الخشب والصفيحة الوسطى [1] .

ويبدو مظهر الخشب المصاب داكن جدا وبه شروخ ويشبه العفن البني أو العفن اللين للفطريات ، ويحدث به تشويه لوني وتحدث تغيرات كيميائية نتيجة تكسير السليلوز واللجنين، ويلاحظ مهاجمة البكتيريا للخشب الصلب أو اللين ، وتهاجم الخشب في درجة حرارة 40°م، وقد تصل في بعض الأنواع 70°م ، كما أنها قد تتلف الخشب في الظروف غير الهوائية (انعدام الأكسجين) .[2]

أولا – البكتيريا المكونة للتجاويف

وهي أحادية الخلايا وكروية الشكل ، تتلف الجدران الخلوية للخشب فتكون تجاويف ذات زوايا أو على شكل معيني ، ويكون محور التجاويف متعامدا مع محور الخلية ، وتقوم بتحليل الطبقة الثانية S_2 من الجدار الخلوي فتكون فراغات كبيرة في قصيبات الخشب المبكر، بينما يكون التحلل أقل في الطبقة الثانية من الجدران الخلوية في الخشب المتأخر ، ولا تهاجم هذه البكتيريا S_3 والعناصر الأخرى ، ولكن يمكن أن تنهار الخلية في النهاية إذا كانت الإصابة شديدة [3] ، كما تؤدي هذه البكتيريا إلى التأثير على متانة الخشب وكثافته وإضعاف الخصائص الميكانيكية ، ويصاحب هذه البكتيريا إصابة بالعفن اللين [4] .

ثانيا – البكتيريا الناخرة

يبدأ عمل هذا النوع على سطح الطبقة S_3 من الجدار الخلوي للخشب ، ويتبع ذلك تكسير تدريجي للطبقات التالية حتى الصفيحة الوسطى ، وتهاجم هذه البكتيريا الأخشاب الصلبة

[1] - محمد عبد الله إبراهيم ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 166

[2] - محمد عبد الله إبراهيم ، ترميم العناصر الخشبية الفنية ، ص 118 .

[3] - نفسه ، ص 118

[4] - نادية لقمة ، المرجع السابق ، ص 94.

واللينة على السواء والموجودة في البيئات المختلفة ، حيث تلتصق الخلية البكتيرية بأسطح الفراغات الخلوية لخلايا الخشب بتكوين غليكوكاليكس فتتكون مساحات كبيرة مغطاة بالبكتيريا ، إذ تفقد أسطح الفراغات للجدران الخلوية مظهرها الأملس وتصبح غير منتظمة ومليئة بالثقوب والنقر ، وتعمل هذه البكتيريا على تحليل اللجنين في الخشب بفعل نظامها الأنزيمي [1] .

التدهور الناتج عن وجود هذه البكتيريا يتشابه إلى حد ما مع تآكل جدران الخلايا الناتج عن فطريات العفن الأبيض ، حيث تنمو البكتيريا في فراغات خلايا الخشب وتبدأ بمهاجمة طبقة S_3 كما في حالة العفن الأبيض ، وفي المراحل المتقدمة تتغلغل في الإتجاه الطولي لمانطق التآكل بجدران الخلايا ، والمناطق المجاورة مسببة حدوث تجاويف تظهر في القطاعات الرقيقة مشابهة لتأثير العفن الطري ، ويصاحبها فقدان للخواص الميكانيكية للخشب [2].

ثالثا – بكتيريا الأنفاق

تهاجم جدران خلايا الخشب مسببة تواجد أنفاق وسراديب تتغلغل في الجدران ، والتي تسبب في المراحل المتقدمة تغيرا في لون الخشب إلى البني الفاتح أو الأصفر الفاتح ،وتكون هذه المناطق أفتح من المناطق المحيطة بها ، مما يرجح أن البكتيريا تسبب إزالة اللون حيث تؤدي إلى تدهور اللجنين الموجود في الخشب وبالتالي التأثير على خواصه الميكانيكية [3].

5.2.1 – العامل البشري

يساهم العامل البشري في تلف الكثير من المواد الخشبية ، والتي تنتج غالبا عن التخزين أو الحفظ الخاطئ ، وكذلك إهمال الرطوبة الزائدة الذي يساعد على وجود الحشرات الخاشبة ويرقاتها والتي تسبب التسوس والهشاشة ، وعدم مراعاة وجود اللهب الشديد مما يؤدي إلى اشتعال النار ، إضافة إلى نقص العناية والاهمال والحروب والحرائق وسوء الترميم [4].

[1] - محمد عبد الله إبراهيم ، ترميم العناصر الخشبية الفنية ، ص 118 – 119 .
[2] - نادية لقمة ، المرجع السابق ، ص 94.
[3] - نفسه ، ص 93.
[4] - أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد ، المرجع السابق ، ص 84 .

2 - مظاهر تلف الخشب

تختلف مظاهر تلف الخشب باختلاف العوامل المسببة لها والمكان الذي يتواجد فيه الخشب واستعماله ، إن كان في داخل المبنى أو خارجه ووظيفته ، وتبعا للخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب ، ويمكن أن نجد مظاهر تشترك فيها مجموعة من العوامل ،أو تسببها عوامل منفردة ، وعن أكثر مظاهر التلف وجودا في الخشب ما يلي :

1.2 - الكسور والشقوق

تعتبر الكسور والشقوق من أهم مظاهر تلف الخشب ، وهذا بفعل عدة عوامل خاصة الطبيعية منها ،فانخفاض نسبة الرطوبة عادة ما يصاحبه ارتفاع في درجة الحرارة فيتبخر الماء الموجود في الخشب مما يؤدي بطبيعة الحال إلى الجفاف ،وهذا ما يؤدي إلى التصاق الألياف الخشبية بعضها البعض وبالتالي فقدان مرونة نسيج البنية الخشبية ،فيصبح جاف ومتكسر ،وهذا ما يؤدي إلى ظهور تشققات ،كما أن العوامل الفيزيائية كالتصدعات المختلفة وهذا خاصة بعد الاستعمال والنقل أو الكوارث الطبيعية المختلفة تؤدي بها مباشرة إلى الكسر والتلف [1].

2.2 - ضعف بنية الخشب

هناك الكثير من يرقات الحشرات التي تستخدم الخشب مصدرا لغذائها ، حيث أنها تنمو وتصبح خادرة داخل الخشب ، بعدها تخرج الحشرات البالغة عن طريق صنع ثقوب ، إذ تعتبر هذه الأخيرة إضافة إلى النشارة الناتجة عن عملية الحفر دليلا على وجودها في الخشب، كما يمكن أن يكون التلف في اللب ، ويمكن عادة تحديد نوع الحشرات المهاجمة وفصيلتها بناء على شكل وحجم الثقوب ، كما هناك أنواع من الحشرات تهاجم الخشب بعد ضعفه ونمو الفطريات عليه [2]، وهذا ما يؤدي إلى هشاشة وضعف بنية الخشب .

3.2 - الاسوداد

ينتج هذا المظهر عادة في الأخشاب التي تكون في اتصال مباشر مع الماء لمدة طويلة كوجود التسربات من الأسقف ، أو الناتجة عن قنوات الصرف لوجود عيوب وأعطاب بها ، أو أن يكون الخشب مغمورا في المياه .

---

[1] - Eva pascual ; Entretenir et restaurer le bois , Gründ , 2006 , Paris , P 32.

[2] - كرونين ، روبنسون ، أساسيات ترميم الآثار ، جامعة الملك سعود للمطابع والنشر ، السعودية ، 2006 ، 373 .

ويحدث هذا لنوع من التحلل او التسوس عن فطر سليلوزي ، حيث غالبا مايتم الخلط بينه وبين التفحم الناتج عن الاحتراق ، وتقوم كل من الفطريات الجافة والرطبة بإحداث هذا الأثر عن طريق إزالة السليلوز ليصبح البناء النسيجي قائما على اللجنين بمفرده ، وتصبح بنية الخشب هشة وقابلة للتكسر والزوال [1] .

كما يمكن أن يرجع المظهر الداكن للخشب الموجود في المواقع الرطبة لتكون ملح حمض التانيك الخاص بالحديد نتيجة لتفاعل الخشب مع الترسبات ، لكن من المحتمل أن يكون الكبريت سببا في هذا اللون ، كما يمكن أن تؤدي الفطريات إلى تعفن الخشب وتلونه بالأسود[2].

4.2 - ظهور الاعوجاج

عادة ما يلاحظ هذا النوع من التلف بالعين المجردة فالاعوجاج على الخشب يحدث بالأخص على البنية الخشبية عند تعرضها لكسور على البنية الخشبية ،وتحدث هذه العملية أساسا نتيجة امتصاص وطرح الرطوبة الجوية [3].

5.2 - ظهور البقع

تعتبر البقع من أهم مظاهر التلف البيولوجي للخشب ،خاصة بفعل الكائنات الدقيقة المجهرية ، كالفطريات والطحالب والطفيليات ،وهذا النوع من التلف كثيرا ما يؤثر من الناحية الجمالية للمادة الخشبية أو التحفة ،مما يؤدي إلى ظهور بقع مختلفة على المادة الخشبية [4].

6.2 - تغير اللون

يحدث في الضوء تأكسد لمادة اللجنين ، ويصبح لون الخشب غامقا ، ولكن إذا تعرض للمياه الأمطار فإنه يصبح رماديا بسبب تحلل اللجنين وزواله ، كما هناك أنواع من الفطريات تنمو على الأخشاب الرطبة ، والتي تعيش على المواد المخزنة في الخلية أكثر من اعتمادها على السليلوز ، وبالرغم من أنها لا تحدث في العادة ضعفا في الخشب إلا أنها تؤدي إلى صبغه وتلطيخه ببعض البقع وهذا في الطبقات الخارجية فقط لأنها تحتاج للأكسجين حتى تعيش ،

---

[1] - كرونين ، روبنسون ، المرجع السابق ، ص 374 .

[2] - نفسه ، ص 376 .

[3]- ماري بيردوكو ، المرجع السابق ، ص 335.

[4]- Adnan Uzunovic and others - Wood Discolourations & Their Prevention With an Emphasis on Bluestain- SP , Canada , 2008 , p 4-5.

وفي هذه الظروف يمكن للبكتيريا اللاهوائية أن تبدا بتخلل الخشب لتخترق جدران الخلية ، وهذا ما يؤدي إلى دخول الأكسجين إلى لب الخشب وبالتالي تعرضه للتحلل الفطري .

ويؤدي وجود المعدن بشكل مشترك مع الخشب إلى تبقعه وتلطخه بالصدأ الناتج عن الأكسدة، وينتج النحاس حمض التانيك الأخضر والبني ، بينما ينتج الحديد نوعا آخر يميل إلى السواد[1]. كما ينتج تغير اللون من الغبار والتلوث .

7.2 ـ الانكماش الالتفاف والتصدع

ينتج هذا التلف من فقدان الماء من جدران الخلية مما يؤدي إلى تضخيم حجم النسيج ، فقدان الماء يقود ألياف السليليوز إلى حركة بعضها مع بعض ، مما يؤدي إلى قدر أكبر من الانكماش يحدث في شكل زوايا قائمة على طول الألياف مما يؤدي إلى التواء الألياف في قطعة الخشب ، وبما أن هذا السطح متباين الخواص فإن الانكماش لا يكون متساويا ، وقد يؤدي إلى التواء وتشقق ، في حين ان عملية الترطيب تؤدي إلى رجوع الخشب إلى حالته الأولى ، وتنتج هذه الحركة المستمرة إلى إزاحة أي مواد على السطح الخشبي مثل الألوان والزخارف ، وقد تتسبب في تعطيل المفاصل والتأثير على الخشب نفسه [2].

3ـ صيانة الخشب

تشمل الصيانة جميع التدخلات التي نهدف من خلالها إلى حماية الأخشاب من أي تدهور قد تتعرض إليه مستقبلا ، أو تأخير أو إيقاف عوامل التدهور والتلف ، وإعادة مظهرها الأصلي أو على الأقل : القضاء عن الحشرات والفطريات ، سد الثقوب والشقوق السطحية ، التنظيف وإزالة مختلف البقع سواء ميكانيكيا أو كيميائيا [3] .

1.3ـ مواد الصيانة والترميم

يوجد الكثير من المواد التي يمكن استخدامها في تقوية وترميم وصيانة الأخشاب الهشة والضعيفة ، وتختلف في تركيبها وخواصها وتأثيرها على الأخشاب ، ودرجة تفاعلها وتأثرها مع الظروف الخارجية ، ولاختيار نوع معين ينبغي أن تتوفر بعض الشروط وأهمها:

[1] ـ كرونين ، روبنسون ، المرجع السابق ، ص 374 .
[2]ـ نفسه ، ص 372 .
[3] -Eva Pascual : Entretenir et restaurer le bois , p 34.

- أن تكون ذات درجة نفاذية عالية داخل الخشب من دون أن تؤثر على خصائص الخشب .
- أن لا يتغير لونها أو تسبب تغير لون الخشب مع مرور الزمن ، وأن تتميز بالثبات وعدم تغير الخواص مع مرور الوقت .
- أن لا تسبب لمعانا لسطح الخشب ، ولا تتفاعل مع مكوناته .
- أن تكون مرنة إلى حد ما حتى لا تزيد من صلابة الخشب بشكل ضار .
- أن تكون عكسية ويمكن ازالتها عند حدوث أضرار ، كما تكون غير قابلة للاشتعال .
- أن لا تكون غذاء للحشرات والفطريات ، أو تتأثر بالرطوبة كما يجب أن توفر الحماية من الرطوبة للخشب في الوقت نفسه .[1]

وتستخدم هذه المواد في التقوية أو التثبيت ، اللصق ، كطلاء واق أو مادة مالئة ، ويمكن ان تستخدم في أكثر من غرض ، وتنقسم هذه المواد إلى مواد طبيعية ومواد اصطناعية .

1.1.3 - المواد الطبيعية

وهي التي يمكن استخلاصها من النباتات أو الحشرات أو الحيوانات أو من الخامات المعدنية، ونجد الشموع ، والراتينجات و الزيوت الأساسية .

1.1.1.3 – الشموع

هي خليط من المواد المختلفة وأهمها : أسترات من الأحماض الدهنية مع كحولات حرة وهيدروكربونات ، وتكون من مصادر مختلفة : حيوانية ، نباتية ، معدنية وبترولية ، وللشموع بعض الخصائص التي أدت إلى استعمالها في مجال الصيانة والترميم ومنها :

- أنها ثابتة وخاملة كيميائيا وتمثل وقاية ضد الحشرات والفطريات .
- لا تتأثر بالرطوبة ، ولا يتغير حجمها عند التبريد .

كما أنه لها بعض العيوب ومنها : تسبب تغير لون الخشب وتتسبب في تراكم الأتربة على سطحه ، ويمكن تقسيم الشموع الطبيعية إلى نوعين : شموع طبيعية غير بترولية وشموع بترولية .[2]

[1] - محمد عبد الله ابراهيم ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 210 .
[2] - صفاء محمد محمد إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 207 .

أولا– الشموع الطبيعية غير البترولية

أهمها شمع النحل والكرنوبا واللانولين ، وتتركب من أسترات ورمزها الكيميائي R.COOR حيث تكون هذه الجذور من سلاسل جزئية طويلة تحتوي على عدد من ذرات الكربون بين 16 إلى 30 ذرة .

أ - شمع النحل : يتم إنتاجه من النحل لونه أصفر ، ولكن يمكن تبييضه بالتسخين مع الفحم النباتي أو الحيواني ، أو بوضعه في ضوء الشمس أو بمعالجته بفوق أكسيد الهيدروجين ، يتركب من بالميتات الميرسيل بنسبة 72.5 % و 12 – 12.5 % من الهيدروكاربونات ذات الوزن الجزيئي العالي ، ونسبة قليلة من الكحولات والأحماض الدهنية الحرة ، يذوب الشمع في كل من : الايثر ، الكلوروفورم ، رابع كلوريد الكربون ، وزيت التربونتين النباتي ، كما يذوب بشكل جزئي في البنزين البارد ، وزيت التربونتين المعدني ، تتراوح درجة انصهاره بين 63 – 66 °م ، وكثافته 0.96 غ / سم ^{3} [1]، له القدرة على عزل نفاذ الماء أما قدرته على اللصق فهي ضعيفة .

ب - شمع الكارنوبا : شمع نباتي، يستخرج من أوراق نخيل الكرنوبية، وموطنها الأصلي في شمال شرق البرازيل، وللحصول على الشمع الكرنوبي يتم تجفيف أوراق النخيل في الشمس حتى تتحول الطبقة الشمعية إلى غبار يشبه الطحين، ويتم تذويب هذا الشمع وتبريده وتشكيله على هيئة قطع. والشمع الكرنوبي أقوى شمع طبيعي معروف [2]، يتكون من سيروتات الميرسيل بنسبة 80-81 % ، ويحتوي على نسبة صغيرة من الهيدروكاربونات والأحماض الدهنية الحرة والكحولات ، له ذوبان قليل في المذيبات العضوية ، ولكن برفع درجة الحرارة إلى 45°م فإنه يذوب بسرعة ، درجة انصهاره بين 78 – 84°م ، كثافته تقارب 1 ، ونظرا لصلابته وارتفاع درجة انصهاره فإنه يعطي سطحا لامعا صلدا ، فهو يصلح كورنيش بعد اذابته في زيت التربنتين النباتي ، أو بخلطه مع أنواع أخرى من الشموع.[3]

[1] - صفاء محمد محمد إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 207- 208 .
[2] - نفسه ، ص 208 .
[3] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 212

ج- شمع اللانولين : هو عبارة عن المادة الدهنية التي تستخرج من صوف الغنم ، ويتكون من استرات الكحولات ذات الوزن الجزيئي العالي مثل الكلسترول مع أحماض دهنية تتراوح بين حمض البالبريك وحمض البولوميتيك ، وتكون مع الماء مستحلبا ثابتا بدرجة كبيرة ، ويكون هذا الشمع أصفر اللون ، نصف شفاف عديم الرائحة تقريبا ، يذوب بسهولة في الايثر والكلوروفورم ، وجزئيا في الكحول ، درجة انصهاره ما بين 34 – 40°م ، فهو بذلك يتأثر بالحرارة .[1] والشكل رقم (143) صور الشموع الطبيعية .

شكل رقم (143) صورة للشموع الطبيعية . بتصرف google image

ثانيا – الشموع البترولية

عند تقطير البترول تقطيرا جزئيا تجمع سوائل مختلفة ، أولها الايثر البترولي ثم الجازولين أو بنزين العربات ، ثم زيت التربنتين المعدني ، الكيروسين ، زيت البرافين ثم زيوت التشحيم المتوسطة والثقيلة[2] ، ويتبقى الاسفلت (الزفت) وعندما يبرد زيت التشحيم الثقيل ينفصل عنه الفازلين وشمع البرافين ، ويتكون هذا الشمع من الهيدروكاربونات المشبعة العالية ، وتتراوح درجة انصهاره بين 35 – 72 °م ، وتوجد أنواع مختلفة من الشمع طبقا لدرجة انصهاره ، وكلما ارتفعت درجة الانصهار زادت صلابة الشمع وكثافته وأصبح أقل تبلورا ، وشمع البرافين ذا لون أبيض نصف شفاف قابل للذوبان في البنزين والكيروسين والمذيبات العضوية الأخرى [3].

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 213.
[2] - صفاء محمد محمد إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 209.
[3] - نفسه ، ص 209.

2.1.1.3 – الراتينجات

هي مواد طبيعية تستخرج من الأشجار الراتنجية ، وهي مواد معقدة غير متبلورة تكون إما صلبة أو لينة أو نصف صلبة ، لا تذوب في الماء بل تذوب في الكحولات كالايثر والأسيتون، وتتلين بالحرارة وتختلف ألوانها باختلاف مصادرها ، وتستخدم هذه الراتنجات في صناعة الورنيشات العازلة للماء ، ومن أهم أنواعها نجد :

أولا– القلوفونية أو الروزين

هي عبارة عن بقايا تقطير الراتينج الزيتي الخام الذي يتم الحصول عليه من أشجار الصنوبر المختلفة ، وتتكون من مزيج من الأحماض العضوية أهمها حمض الألبيتيك ، وهي عبارة عن قطع غير منتظمة الشكل ومختلفة الحجم ، لونها أصفر باهت أو يميل إلى البني هشة ، وذات رائحة تربنتينية خفيفة ، وطعمها مر إلى حد ما ، لا تذوب في الماء ، وتذوب في الكحول كالايثر والأسيتون والكلوروفورم ، وحمض الخليك ، درجة انصهارها بين 70-80°م ، وتستخدم مع راتينجات أو شموع أخرى ، تستخدم في صناعة الورنيشات إلا أنه لها درجة حموضة مرتفع ، كما أن استخدامها كورنيش له عيوب منها : اللون الشاحب والبريق اللامع والذي يختفي سريعا بالتعرض للجو[1] .

ثانيا – الدمار

يتم استخراجه من أنواع متعددة من أشجار ديبيتروكارباسيا التي تنمو في شرق الهند ، ويتكون من حمض عضوي يدعى الدمارواليك ، تتراوح درجة انصهاره بين 100 - 150°م ووزنه النوعي 1.062 ، يذوب في التربونتين والهيدروكاربونات القطرانية ، ويذوب جزئيا في الكحول ، لونه زاهي براق ، سريع الالتصاق والغشاء (الفيلم) الناتج عنه يكون طريا ولزجا إلى حد ما ، يستخدم في صناعة الورنيشات ويكون لونه عكرا (غير شفاف تماما)[2].

ثالثا- الألمي

وهو مصطلح عام يطلق على مجموعة من الراتينجات التي تستخلص من الأشجار التي تنتمي إلى عائلة البوزرساو ، وأهمها ألمي مانيلا الذي يتم الحصول عليه من الفلبين ، وهو شبه متبلور أصفر اللون ، ويكون لزجا عادة لكنه صلب ، كما هناك أنواع يتم الحصول

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، ترميم الأثار الخشبية ، ص 152
[2] - نفسه ، ص 153

عليها من جنوب أمريكا وإفريقيا وغرب الهند ، يذوب بسهولة في الإيثر والكحول ، والكلوروفورم ، وثاني كبريتيد الكربون ، والبترول ، ويستخدم في تعديل قوام وصلابة الورنيشات ، كما يضاف إلى الشمع لزيادة لزوجته .[1]

رابعا – السندراك

يتم الحصول عليه من نبات صنوبري ينمو في استراليا وفي شمال افريقيا ويعرف باسم كاليتريس كاريفالفيس ، كما يستخرج أيضا من العرعر البربري ، ويوجد على هيئة كتل صفراء شاحبة اللون [2]، وتتراوح درجة انصهاره بين 135 – 145 °م ، يذوب في الكحول أو التربنتين ، يستخدم في صناعة الورنيش [3]. والشكل رقم (144) صور للراتينجات الطبيعية .

شكل رقم (144) صورة للراتينجات الطبيعية . بتصرف google image

3.1.1.3- الزيوت الأساسية

الزيوت الأساسية هي منتجات ذات أصل نباتي ناتج عن عملية تقطير للأغصان أو الأوراق أو الجذور أو الثمار ، وهي خليط من المركبات العضوية المتطايرة المنتجة كمستقلبات ثانوية عند النباتات ، وقد تم استعمالها منذ القدم كمطهرات ومضادات للأمراض الفطرية ومبيدات للحشرات [4] ، وتختلف التركيبة الكيمائية للزيوت الأساسية تبعا لنوع الباتات ومكان نموها ، وتكون بعض مكوناتها مشتقة من التركيبة ذات الشكل العام $(C_5 H_8)_n$ حيث : ن

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، ترميم الأثار الخشبية ، ، ص 154 .

[2]- Fidah Abdelwahad , op cit , p 27.

[3] - إبراهيم محمد عبد الله ، ترميم الأثار الخشبية ، ص 154.

[4] - Marei-France Roquebert –Op cit , p 345-346.

= 1 تدعى هيمتربان hémiterpènes ، ن=2 تربان terpènes ، ن=3 سسكيتربان sesquiterpènes ، ويمكن أن تكون التربان ذات سلسلة مفتوحة كالكحول ، أو وحيدة الميل كالمينتول ، أو ثنائية الميل كالبورنيول ، ويمكن أن تكون المركبات من الهيدروكاربور ذات السلسلة الاليفاتية أو العطرية ، وللزيوت الأساسية ذوبانية مختلفة فبعضها يذوب في الايثانول كالثيمول والجرانيول والبعض الآخر يذوب في الزيوت الثابتة كالأوجينول السينيول [1] ، ويمكن استعمال أنواع كثيرة من الزيوت الأساسية ومنها ، زيت العرعر البربري الذي له خاصية فعالة لإبادة الحشرات والفطريات ، زيت الكافور وغيرها .

2.1.3 – المواد الصناعية

نتيجة لتطور علم الكيمياء فقد ظهرت الكثير من المواد الصناعية التي استعملت في صيانة وترميم المواد العضوية وغير العضوية على السواء ، ومن أشهر هذه المواد نجد :

1.2.1.3 – الراتينجات المتلدنة بالحرارة

وهي مواد صلبة تنصهر أو تلين بالحرارة ثم تتجمد ثانية عندما تبرد ، وتكون هذه الراتينجات قابلة للذوبان في المذيبات العضوية إلا إذا كانت ذات تبلمر عالي جدا ، وتتألف من سلاسل طويلة مكونة من جزيئات مفردة ومتكررة [2] ، وتكون السلاسل مرنة و متنافرة وغير منتظمة مكونة أجزاء غير متبلورة ، بينما توجد أحيانا سلاسل متوازية ومنتظمة في الأجزاء المتبلورة [3] .

أولا – بولي فنيل أسيتات

تكون في شكل مستحلب أو محلول ، حيث تستعمل في لصق الخشب أو تدعيمه ، كما يمكن استخدامها كرابط لسد الثغرات ، وتعتبر أنها مقاومة للحرارة والضوء والأحماض الخفيفة [4].

---

[1]- Zeika Vinuales Marquier :" Qualité des huiles essentielles en désinfection préventive Normalisation – protection des chémotypes ", dans ; Les contaminant biologique des biens culturels , Collection patrimoine , France , 2002 , pp 333-335 .

[2] - Georgio Torraca - Lectures on materials science for architectural conservation - p 154.

[3] - محمد عبد الهادي محمد ، مبادئ ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، مكتبة نهضة الشرق ، القاهرة ، 1996 ، ص 95.

[4] - دني بيينويه ، المرجع السابق ، ص 67

ثانيا- كحول البولي فينيل

وهو مشتق من PVA ويحصل عليه بحل هذا الأخير في وسط حمضي أو أساسي ، وهو قابل للانحلال في الماء ، وله قدرة على اللصق ، لذلك يستعمل في الأخشاب المتعددة الألوان كمثبت للطبقات التصويرية [1] ، وهو قابل للاصابة بالفطريات لذلك تضاف له مبيدات الفطريات كالبنتاكلور فينول .

ثالثا – المواد الأكريليكية

وهي عبارة عن جزيئات بسيطة تكون مستقرة في غياب الضوء ، غير أنها تتبلمر تلقائيا عند تعرضها للحرارة والأشعة فوق البنفسجية و في وجود الأكسجين ، وتتميز هذه الراتينجات بشفافيتها ومقاومتها للعوامل الجوية ، إضافة إلى تعرضها لاصفرار خفيف بمرور الزمن والذي يمكن تفاديه باستعمال كميات قليلة لمواد ممتصة للأشعة فوق البنفسجية ، كما لا يمكن للكائنات المجهرية أن تهاجمها أو تنمو عليها ، زيادة على تحملها لحرارة تتراوح من 70 إلى 100°م ، كما تعتبر من المواد العازلة للماء [2] ، ومن أشهر أنواعها نجد :

أ - البرالويد B72 : يتكون من إثيل – ميثاكريلات بنسبة 35 % وميثاكريلات 65% ، ينحل الأول في كحول الايثيلي والثاني ينحل في التوليان أو الكسيلان ، وهي تكون بشكل حبيبات نصف شفافة ، لها قدرة عالية على اللصق وهي عديمة اللمعان بحسب تركيز المحلول ، قابلة للزوال بشكل جيد ، تستخدم في تقوية الخشب بالحقن ، وفي تدعيم الخشب المصاب بالتسوس ، وكذلك كرابط مع مسحوق الخشب من أجل سد الثقوب الناتجة عن الحشرات .[3]

ب - البرالويد B44 : وهو من المركبات الشفافة عديمة اللون ويتميز بالثبات واللدونة المناسبة ، ولا يصفر مع مرور الزمن كما أنه مقاوم للتغيرات التي تحدث في الظروف الخارجية ، لا يتأثر بالماء أو الأحماض أو القلويات ، أو الزيوت أو الدهون ، إلا أنه يكون طبقة رقيقة للحماية السطحية نظرا لخاصيته العالية في سرعة الانفصال عن المذيب ، يكون

[1] - دني بيبونيه ، المرجع السابق ، ص 68 .

[2] -Amoroso G.G :"Consolidation et protection des pierres au moyen de produits minéraux et de résines synthétique " , Dans : Matériaux et Constructions , Vol 10 , N°56 , Pp 92 – 93 .

[3] - دني بيبونيه ، المرجع السابق ، ص 69 – 70 .

قابلا للذوبان في البنزين أو أحدى مشتقاته ، يصلح للاستخدام كورنيش لمقاومته للتلوين بالأصباغ وخاصية عدم الاصفرار[1] .

2.2.1.3– الراتنجات المتصلبة بالحرارة

تتمثل في شكل تركيب يتألف من راتينج ومادة مصلبة يجب مزجها قبل الاستعمال ، ومن أشهر أنواعها نجد :

- راتينجات الايبوكسي

تحضر بخلط الراتنج بالمجمد في درجة الحرارة العادية ، ويمكن خفض تركيزاتها باذابتها في المذيبات العضوية مثل التوليان حتى يتسرب المزيج إلى داخل المسام مما يساعد على التقوية ، مع إمكانية تعديل مدة التصلب باستعمال نسبة أقل من المجمد [2] ، ومن أهم أنواعها نجد الأرالديت بأرقام مختلفة ، إضافة للتقوية واللصق يمكن استخدام هذا الراتنج مع نشارة الخشب كمعجون لسد الثقوب والشقوق وتكملة الأجزاء الناقصة في الخشب [3].

3.2.1.3 – مشتقات السليلوز

أولا – الكلوسيل

وهي عبارة عن هيدروكسي بروبيل السليلوز ، ويحضر بتفاعل سليلوز قلوي عند درجات حرارة وضغط مرتفعين مع أكسيد بروبيلين ، وهو عبارة عن مسحوق محبب أبيض اللون ، يذوب في العديد من المذيبات العضوية مثل الكحول الايثيلي ، وخليط من الأسيتون والماء بنسبة 1/9 ، والبنزين و الماء بنسبة 1/1 ، كما أنه قابل للذوبان في الماء تحت درجة حرارة 38°م ، ولكنه لا يذوب عند درجة حرارة فوق 45°م ، يبلغ وزنه الجزيئي 370 ألف [4].

ثانيا – مثيل السليلوز

عبارة عن مسحوق أبيض يذوب كليا في الماء ، قابل لامتزاج مع الكحول الايثيلي حتى 50% بعد إذابته في الماء ، يمتاز باللزوجة العالية في التركيزات المنخفضة إذ تبلغ لزوجة

[1] - عصام محمد أحمد ، المرجع السابق ، ص 177 .
[2] - وائل عبد الجليل مقبل البنا ، سحر محمد أنس الأرياني - الحفاظ والترميم للتراث المعماري –أساليب وتقنيات الترميم والحفاظ على التراث المعماري - ط 1 ، 2013 ، ص 121 .
[3]- محمد عبد الله ابراهيم ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 234
[4]- نادية لقمة ، المرجع السابق ، ص 113 .

محلول 2% في الماء 4000 ، ويذوب في عدد قليل من المذيبات العضوية مثل دي مثيل سولفوكسيد ودي مثيل فورماميد [1] .

4.2.1.3 - سيانور الهيدروجين

استعمل هذا المحلول كمبيد للحشرات من أجل معالجة بعض المواد العضوية ومنها الخشب ويستعمل على وجه الخصوص لتبخير الأحجام الخشبية الكبيرة، حيث يتم تعريض المادة الخشبية للمحلول لمدة 24 ساعة لأنه أكثر المواد العضوية كثافة، وتعتبر هذه المدة كافية لكي يخترق المحلول سطح الخشب، إلا أنه ينجم عنه بعض الأعراض والمساوئ والتي تظهر في بعض المركبات ذات الرائحة الكريهة، وتكون هذه العملية دورية من طرف أخصائيين في هذا المجال، وينصح عند استعمال هذا المحلول ارتداء قناع ضد الغازات[2] .

5.2.1.3 - برومور المثيل

يطبق برومور المثيل خاصة على خشب البناء، وهو سريع التسرب لكنه يعطي رائحة كريهة إذا استعمل على المواد التقليدية، وهو مستعمل بكثرة، نظرا لفعاليته عند تطهير المواد الخشبية بالتدخين أو الرش، سواء كانت مكونة للمعالم التاريخية، أو مقتنيات المتاحف [3] .

6.2.1.3 - كبريت الكربون

هذا المحلول عبارة عن مبيد للحشرات وهو مضاد وفعال، حيث يستعمل كالغاز للتعقيم ومعالجة المواد الخشبية، إذ أنه عبارة عن مادة مناسبة لمعالجة المواد الحساسة والسريعة التأثر مثل الخشب القديم، وهو سائل نقي وخفيف وذو رائحة كريهة غير مقبولة[4]، كما أنه يتبخر بسرعة وسهولة، ويكون مع الهواء خليط متفجر لذا ينصح بعدم تعريضه للمواد المشتعلة فيجب أن تتم عملية التعقيم بهذا المحلول داخل غرفة مفرغة ومجهزة ببعض التجهيزات التي من شأنها أن تمنع كل أنواع الأخطار، التي يمكن أن تنجم عن استعمال هذه المادة وضمان أكثر فعالية لها، وعند الاستعمال يجب أن تعدل درجة الحرارة و الضغط بالنسب العادية وهذا باستعمال وسائل وإمكانيات مخصصة لهذا الغرض، كما يمكن إضافة

[1] - Gergio Torraca , Op cit , p 152.
[2] - H.J. Planderleith -la conservation des antiquités et des œuvres d'arts - traduction Phillippot P , Eyrolles , Paris , 1966 , p. 142.
[3] - Ibid, p. 141.
[4] -G. Canava - Biology in the conservation of Works of art - ICCROM, 1991, p172.

حجم ربع من الكربون رباعي الكلوريد الذي يجعل المحلول الأول غير قابل للاشتعال [1] ، إضافة إلى المحاليل السابقة، هناك عدد آخر من المحاليل التي يمكن استعمالها للوقاية من العامل البيولوجي وهي:

حمض السيوهيدريك ، فسفور الهيدروجين ، أكسيد الإيثيلين ، غاز الكربون ، بونتاكلور وفينول ، كسيلوفون ، كبريت الفلور، ثاني كلووفان و قامكسان .[2]

7.2.1.3 – الجامكسان

هو عبارة عن بلورات عديمة اللون تذوب في الماء عند درجة حرارة الغرفة وتذوب أيضا في الأسيتون والهيدروكاربونات الأروماتية ، له سمية كبيرة لمجموعة من الحشرات والفطريات .[3]

8.2.1.3 – بنتا كلوروفينول

وهو محلول عديم اللون لا يذوب في الماء لكنه يذوب في المذيبات العضوية يستخدم بنسبة 5:1 % في الكحول النقي كمضاد للفطريات ، ويستخدم بنسبة 5 % في الكيروسين لإبادة الحشرات [4].

9.2.1.3- البارادكس

وهو يعتبر من المبيدات الحشرية والفطرية المستخدمة في نطاق واسع في المتاحف ، وهو عبارة عن بلورات عديمة اللون ويستخدم بوضعه في لفائف من الشاش توضع في أعلى خزائن العرض ، لأن الغاز الناتج أثقل من الهواء وله رائحة نفاذة ويتبخر ببطء ،ويذوب في الماء في درجة حرارة 25°م ، ولكنه يذوب بشدة في المذيبات العضوية ويعتبر من المواد الطاردة للحشرات .[5]

---

[1] - G. Canava , op cit , p. 172.

[2] -D.G. Avat, D. Dirol, et al, Op.cit, p. 126.

[3] - حنان علي الخزاعلة – معالجة الأخشاب باستخدام المواد الطبيعية تطبيقا على العناصر المعمارية الخشبية في أحد المباني التراثية في قرية سحم – رسالة ماجستير في صيانة التراث الحضاري ، جامعة اليرموك ، الأردن ، 2010 ، ص 91

[4] - نفسه ، ص 91.

[5] - نفسه ، ص 91 .

10.2.1.3- الثيمول

هو عبارة عن بلورات مائلة للإصفرار لا يذوب في الماء لكنه يذوب بنسبة متوسطة في المذيبات العضوية ، له رائحة ثاني أكسيد الكبريت يستخدم مذابا في الأسيتون ومضافا إليه 2% من الكلوردين يستعمل بطريقة الرش للقضاء على الحشرات .[1]

11.2.1.3- النافتالين

وهو مضاد حشري ضد الخنافس لا يذوب في الماء لكنه يذوب في المذيبات العضوية ، له رائحة مميزة كما أنه شديد التطاير ، يمكن استعماله في التبخير من عيوبه أنه يتبلور مرة أخرى على الأثار مما يؤدي إلى تلفها [2].

2.3- الأدوات المستخدمة في علاج الخشب

تستخدم أنواعا كثيرة من الأدوات أثناء علاج الأخشاب ، أهمها أدوات التنظيف التي تتمثل في الفراشي البلاستيكية الناعمة المختلفة الأحجام والأشكال ، وقطع القماش القطنية أساسا ، والمشارط لإزالة الترسبات الصلبة والأوساخ ، وأوراق الصنفرة أو الورق الزجاجي بمختلف المقاييس ، وجهاز لتنظيف الغبار كالمنفاخ الهوائي ، وألات لصقل الأسطح الخشبية ومسدس الهواء الساخن ، إضافة إلى استخدام المطرقة وأدوات الربط والمنشار عند استبدال القطع الخشبية الصغيرة .

ويمكننا أيضا استعمال أدوات الحماية كالقفازات ، والأقنعة والنظارات الواقية عند التعامل مع المواد الكيميائية. الشكل رقم (145) صورة لبعض الأدوات المستعملة في علاج الخشب.

[1] - حنان علي الخزاعلة ، المرجع السابق ، ص 91

[2] - نفسه ، ص 92.

شكل رقم (145) صورة لبعض الأدوات المستعملة في علاج الخشب. بتصرف

3.3- أساليب ترميم و علاج الخشب الاثري

تم اتباع اساليب حفظ الهياكل الخشبية التي اعتمدتها منظمة الإيكوموس ICOMOS في الدورة الثانية عشرة للجمعية العامة في المكسيك أكتوبر 1999 ، و التي تم من خلالها تحديد المبادئ والممارسات الأساسية القابلة للتطبيق عالميًا لحماية والحفاظ على الهياكل الخشبية التاريخية التي تحترم أهميتها ودلالتها الثقافية. وللحفاظ على هذه المعالم، فإنه لابد من اتباع ما يلي :

•التعرف على أهمية الهياكل الخشبية من جميع الأعمار في التراث الثقافي العالمي .

•النظر في مجموعة واسعة من الهياكل الخشبية في العالم .[1]

•الأخذ باختلاف الأنواع والصفات للأخشاب المستخدمة في البناء .

•التعرف على ضعف الهياكل المشيدة كليا أو جزئيا من الخشب ، بسبب التلف وتدهور المواد المعرضة لمختلف الظروف البيئية و المناخية ، وبسبب الاختلافات في درجة الرطوبة والضوء والفطريات ، الحشرات والنار وغيرها من الكوارث .

•الاعتراف بأن ندرة الهياكل الخشبية التاريخية ترجع إلى الضعف وسوء الاستخدام ونقص المعرفة المتعلقة بتقنيات التصميم والبناء التقليدية.

•النظر في مجموعة واسعة من التدابير والعلاجات اللازمة لصيانة هذه الموارد التاريخية والحفاظ عليها .

ونتج عن هذا الاجتماع التوصيات التالية:

- تشخيص شامل للقطعة و لظروف وأسباب التدهور وفشل الهياكل الخشبية قبل أي تدخل، وينبغي أن يستند هذا التشخيص إلى أدلة قاطعة وفحص وتحليل للحالة المادية ، وإذا لزم الأمر ، قياسات واختبارات غير مدمرة، مع إمكانية القيام بالتدخلات المحدودة اللازمة أو تدابير الطوارئ. [2]

- وجود استراتيجية ثابتة للمراقبة المستمرة والصيانة الدورية التي تكون لها أهمية حاسمة للحفاظ على الهياكل الخشبية التاريخية و أهميتها الثقافية.

[1] - ICOMOS - Principes à suivre pour la conservation des structures historique en bois 1999 - Mexique , 1999 , p1 .
[2]- Ibid , p 2 .

- أي تدخل مقترح يجب أن يحقق ما يلي :

- استخدام الأساليب والتقنيات التقليدية .
- يمكن عكسها من الناحية الفنية ، إذا أمكن أو إزالتها عند الضرورة .
- أو على الأقل عدم إعاقة أو منع أعمال الصيانة إذا أصبحت ضرورية في المستقبل .
- وعدم منع الوصول في المستقبل إلى المعلومات المدمجة في الهيكل.

- الهدف الأساسي هو تقليل التأثير على النسيج التاريخي للهياكل الخشبية. في بعض الحالات ، يكون الحد الأدنى للتدخل لضمان حفظ وصيانتها يعني التفكيك، جزئيا أو كليا، وإعادة التجميع في وقت لاحق، مما يسمح بتنفيذ الإصلاحات اللازمة.

- خلال التدخلات ، تعتبر بنية الخشب التاريخية متكاملة كجميع مواد البناء الأخرى ، بما في ذلك الأطر ، الأرضيات و الجدران والوصلات ، يجب أن تحظى عناصر التسقيف والأبواب والنوافذ وغيرها بنفس الاهتمام، ومبدئيا فمن الضروري الحفاظ على الحد الأقصى من المواد الموجودة ، يجب أن يمتد الحفاظ إلى الجص والطلاء وغيرها ، و في حالة ما إذا كان لا بد من تجديد أو استبدال مواد التشطيب ، ينبغي لنا أن ننسخ بقدر الامكان المواد والتقنيات والقوام الأصلي لها .

- الغرض من الترميم هو الحفاظ على الهيكل التاريخي وكذلك على وظيفته ، والكشف عن قيمتها الثقافية من خلال تحسين إمكانية قراءتها تاريخيا ، وعند إزالة عناصر معمارية وغيرها ينبغي فهرستها ، مع الاحتفاظ بعينات مميزة كجزء من الوثائق. [1]

1.3.3- التنظيف

يعمل التنظيف على إزالة الغبار والمواد المترسبة ونواتج التلف المشوهة لسطح الخشب والتي تغطي الألوان والزخارف الموجودة على سطح الخشب ، وإزالة لطبقات الدهان الحديثة وأي مواد أخرى غريبة عن الخشب ولا تمثل أي أهمية ، وهي مرحلة ضرورية قبل أي معالجة [2]، وهناك طرق عديدة ومتنوعة للتنظيف منها الميكانيكي والكيميائي وهذا حسب

[1]- ICOMOS , op cit , p 2 .

2 - حنان علي الخزاعلة ، المرجع السابق ، ص 82.

خطة ورأي المرمم كما ان هناك الكثير من المواد الكيميائية المجربة التي تستخدم للتنظيف والتي لا تؤثر على ألوان ونقوش الأخشاب [1].

1.1.3.3- التنظيف الميكانيكي

يعنى احداث خلخله بين الأوساخ وسطح مادة الأثر . والغرض من هذه الخلخلة هو كسر الاتصال الموجود بين الأوساخ ومادة الأثر بالإضافة إلى تحريكها بعيدا عن الاثر . ومن مميزات التنظيف الميكانيكي أنه يتم التحكم في حدوث الخلخلة بين الأوساخ ومادة الاثر. وكذلك عدم اضافة أي مادة تسبب تلف إضافي مثل التنظيف الكيميائي ، [2]وتتم عادة باستخدام المشارط ، أو المنفاخ الهوائي أو جهاز micro sablage .

2.1.3.3- التنظيف الكيميائي

يستخدم التنظيف الكيميائي لإزالة الاتساخات المختلفة التي عجز التنظيف الميكانيكي عن إزالتها مثل التكلسات والبقع مع الحرص الشديد على الأثر لأن عدم الحذر قد يحدث العديد من التفاعلات غير المرغوب فيها، فلابد من أخذ الاحتياطات اللازمة تفادياً لحدوث أي ضرر للأثر أو للمرمم.

أهم هذه الاحتياطات:

- التحقق من تأثير المركبات الكيميائية على الاتساخات المختلفة في جزء غير مرئي بمساحة صغيرة لتفادي أي تلفيات قد تحدث للأثر الخشبي.
- اتباع الاحتياطات اللازمة عند استخدام المواد الكيميائية وعدم استخدام المواد شديدة الخطورة إلا في أضيق الحدود وفي حالة الاضطرار إلى ذلك ارتداء القفازات والأقنعة الواقية.
- تجنب تراكم الأبخرة والحرص على التهوية المستمرة للمكان.
- التوقف عن العمل من فترة لأخرى والابتعاد قليلاً عن المواد الكيميائية.[3]

---

[1] - إبراهيم عبد القادر حسن- وسائل وأساليب صيانة و ترميم الآثار ومقتنيات المتحف الفنية- عمادة شؤون المكتبات ، جامعة الرياض ، الرياض ، 1979 ، ص 129

[2] - علا الخالد – الخشبية التالفة معالجة الأثار – منتدى عشاق الحضارة والآثار ، 2011 . https://civilizationlovers.wordpress.com

[3] - نفسه .

2.3.3- حماية الخشب الاثري

1.2.3.3 - الحماية من الرطوبة في المباني المكشوفة

- تفادى زوايا التغطيات واماكن الهبوط في الوصلات التي بها ماء.
- عمل بروزات وظلات .
- تزويد المبنى بنظام صرف الأمطار على الأسطح.
- التأكد من التجفيف السريع للخشب.
- تغطية الأسقف الخشبية مع بروزها عن الحائط الخارجي.
- حماية نهايات الأعضاء الخشبية ضد الرطوبة بالتهوية المناسبة.
- حماية الأخشاب المعرضة للرطوبة بكيماويات لا يكون لها تأثير سلبى .
- ترك فراغ بـ 3 ملم لكل متر بالألواح الخشبية للتهوية وتمدد الخشب.
- تغطية أحرف الكمرات البارزة بقطع من الخشب المقاوم للعوامل الجوية، ويمكن أن تكون هذه الأغطية من النحاس لمنع نفاذ الماء.
- وضع مواد عازلة بين الخرسانة والطوب وأي مادة بناء أخرى لمنع انتقال الرطوبة.
- حماية العناصر الإنشائية الحاملة من انتقال الرطوبة إليها في أساسات المبنى .
-السماح بحركة الهواء المستمرة على الخشب لضمان بقاءه جافا [1].

2.2.3.3- الحماية من بخار الماء

للحماية من ظاهرة بخار الماء يجب تحديد مناطق معينة و هي كالاتي:

- تغطيات الأسقف المعتادة ، واصلاح التالفة منها .
- فوق مسافات الركوب للألواح.
- فوق الأعضاء الإنشائية.
- التغطيات المستخدم بها أسمنت الأسباستوس.
- كسوات الحوائط المختلفة[2].

تتم الحماية باستخدام الدهانات والورنيش و الدهانات المعلقة.

[1] - MCC direction du l'architecture et du patrimoine - Ouvrage de charpente en bois Fascicule technique - missions techniques et travaux , France , 2002 , p p 12.
[2] - Weissenfeld P, Konig H , op cit , pp 121,123.

أولا -حماية الخشب بالدهانات

- فالدهانات التي لها قدرة قليلة على مقاومة الماء تجعل الرطوبة تتبخر من الخشب، بينما التي لها قدرة كبيرة على مقاومة الماء يكون لها تأثير سلبى لسمكها الكبير.

- الدهانات الغامقة ترفع درجة سخونة الأخشاب لذلك يجب تهويتها جيداً، وذلك باستخدام الكسوات المناسبة ، ولاختيار الكسوات هناك اعتبارات يجب اتخاذها منها :

- متطلبات العمال وسهولة تشغيلها

- التطابق بين المواد(كالأصباغ والمواد الخام) .

- مقاومة الأضرار الناتجة عن الاستخدام.

- الفترة الزمنية بين تركيب الكسوات وإعادة تركيبها واستبدالها[1].

- يتم دهان الأخشاب وذلك لوقايتها من مهاجمة الحشرات حيث أنه عادة ما تضع الحشرات بيوضها على الأخشاب العارية غير المعزولة ، كما يعمل الدهان على حماية الخشب من التعرض للأشعة الشمسية علاوة على أنها تعتبر طبقة عازلة تحمي الخشب من التغيرات في درجة الحرارة والرطوبة ، وأهم الدهانات الطبيعية هو زيت بذرة الكتان المغلى ، ولكنه لا يقاوم كثيرا في المناطق التي تعرف رطوبة مرتفعة وأمطار.

كما يمكن الدهان بتخمير الأكاسيد الملونة الحمراء والبنية للحصول على لون بني محمر وذلك في مذيب الأسيتون لمدة يومان ، مع احكام الغلق حتى لا يتطاير المذيب ثم إضافة مادة الأديكون بنسبة 1 إلى 3 وذلك للعمل على ربط حبيبات الأكاسيد الملونة ، ويتم الدهان بثلاث طبقات مع أن يكون الفاصل بينها يومان للحصول على الجفاف ، ويعمل الدهان على تقوية الخشب وإعطائه الحماية من تأثير الماء اضافة إلى المظهر الجمالي والثبات ضد المتغيرات الجوية والحماية من مهاجمة الحشرات .[2]

[1] - Weissenfeld Peter , König Holger ; Entretien écologique du bois , P124.

[2]- ابراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة المباني ، ص 312 .

ثانيا ـ حماية الخشب بالورنيش

على الورنيشات المستعملة أن تتميز بما يلي :

ـ تسمح لظهور اللون الطبيعي للخشب، حيث إنه مادة شفافة.

ـ المسامية العالية، وبالتالي يقلل من تأثير الرطوبة.

ـ الورنيش الغامق يعمل على حماية الخشب من الأشعة الفوق بنفسجية، وزيادة تحمل الكسوة[1] ، سهولة الاستخدام.

ـ ويمكننا استخدام مواد طبيعية أو مواد صناعية .

ثالثا ـ حماية الخشب بالدهانات المعلقة

يجب أن تتميز الدهانات المستخدمة بما يلي :

ـ تغطى الخشب جيداً، لأنها تكون سميكة.

ـ متواجدة بألوان عديدة.

ـ مساميتها عالية، فتسمح للخشب بالتنفس.

ـ تمنع تأثير الضوء على الخشب.

ـ سهولة الاستخدام[2].

3.2.3.3 ـ الحماية من الرطوبة أثناء النقل والتخزين

في حالة ما إذا تم استخدام أخشاب جديدة في عمليات الصيانة والترميم ، فإنه ينبغي احترام بعض الشروط أثناء نقلها وتخزينها لتفادي الأضرار والمشاكل التي تحدث أثناء هذه المرحلة ومنها :

ـ لا يجب تخزين الأخشاب في المناطق المفتوحة.

ـ يجب توفير التهوية الطبيعية.

ـ يجب جعل كل العناصر الإنشائية الخشبية في وضع قائم[3].

[1] ـ مجهول ، محاضرات عن الأخشاب ، ص 33.

[2] ـ موسوعة الدهانات ، ص 45.

[3] ـ أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد ، المرجع السابق ، ص 91.

4.2.3.3 - الحماية من الحرارة

- بروز الأسقف عن الحوائط لتوفير التظليل على الجدران الخارجية والكسوات.
- استخدام كاسرات بالواجهة لتوفير ظلال.
- استخدام دهانات و ورنيشات مناسبة على الأسطح الخارجية للأخشاب.

5.2.3.3 - الحماية من أضرار الحشرات والفطريات والبكتيريا

وهو تطهير الجسم الخشبي من ألبيض والديدان واليرقات والحشرات التي يمكن أن تكون قد اتخذت من جسم القطعة الخشبية مسكنا لها ، ويتم التطهير من خلال إتباع تقنيات تطبيقية تعتمد على مبدأ استخدام الغازات السامة والمطهرة ، التشبع بالمواد الكيميائية السائلة ، واستخدام الاشعة ، علما بأن استخدام التطهير بواسطة الغاز والاشعة يكون ذا مفعول علاجي فقط ، أي في حال الاصابة المرضية، أما التطهير بواسطة المواد الكيميائية فيتميز بخاصيتيه الوقائية والعلاجية في آن واحد فلذلك يفضل استخدام المواد الكيميائية كونها اكثر فعالية في الوقاية والعالج [1] .

أولا - التبخير بمبيدات الحشرات

مبدأ الاستعمال يعتمد على رش جزيئات مبيدات الحشرات أو تبخيرها في الوسط الذي يتواجد به الجسم الخشبي، بشرط أن يكون الوسط مغلق أين يتعلق أو يتثبت المحلول المستعمل على الحشرات خلال مدة الطيران ، لا تتم هذه العملية بنجاح إلا في فترة تفريخ الحشرات، والتي تدوم مدة قصيرة لذا يجب تحديد نوع الحشرة المراد محاربتها ومعرفة طور تفريخها الذي لا يدوم في الغالب من 03 إلى 04 أسابيع، لأن فعالية هذه المحاليل لا تدوم طويلا لذا يجب أن يكون استعمالها موازي للفترة المذكورة ، لأن الهدف من العملية هو القضاء على الحشرة قبل أن تباشر عملية التبييض من جديد[2] ، هذه المنهجية اقتصادية وبسيطة، لكنها لا تسمح بالاجتثاث الكلي للحشرات لذلك يجب تكرار العملية [3] .

[1] - أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد ، المرجع السابق ، ص 86 .

[2]- D.G. Avat, D. Dirol, et al, Op.cit, p. 99

[3]- Ibid, p. 99.

ثانيا ـ طريقة التدخين

يصطلح على هذه العملية اسم التعقيم الغازي أو المعالجة بالتبخير، وتتم من خلال إخضاع الخشب المصاب لجو مشبع بالغاز السام ومغلق بإحكام، أين تقوم الحشرات باستنشاق الغازات السامة ويتعلق بأجسامها، وطبقا للطبيعة الغازية فإن هذه المواد تتسرب في الشقوق والثقوب لتقضي على الحشرات مهما كان طورها التكويني[1] ، استعمال هذه الغازات يتم بتجهيزات ومعدات خاصة، وكذا توفير حماية من أجل تفادي خطر التسمم، ويمنع تطبيق هذه الطريقة في الأماكن المأهولة أو التي بها نشاط إنساني [2] .

يتم اختيار منهجية أو أسلوب تطبيق هذه العملية على حسب خصائص الغاز المستعمل، وكذا نوعية وكمية الحشرات المتواجدة، ونوعية المادة الخشبية المراد معالجتها، فالعناصر الخشبية التي يمكن نزعها مثل الأبواب والنوافذ والأثاث، تتم عملية معالجتها بوضعها في حمامات أو خزانات خاصة، بواسطتها يمكن أن نتحكم في الضغط وكذا السماح بالتسرب الجيد للغاز أو البخار المستعمل للتعقيم[3] ، ويمكن استعمال بيوت لمعالجة المواد الخشبية التي يمكن نقلها وإن تعذر هذا، نقوم بالعملية في وسط المادة الخشبية خاصة إذا ما تعلق الأمر بخشب البناء ، مع مراعاة احتياطات الأمن والسلامة، وتكرر العملية بشكل دوري لكي تكون النتيجة جيدة[4]، هناك أنواع معينة من المحاليل الكيميائية التي يمكن أن تلائم كل أنواع المعالجة، توجد هذه المحاليل جاهزة للاستعمال على شكل غبار، سائل، أو غاز، وهي على أساس من النحاس ، الكروم أو الفلور والفينول ، كما نجد عدة أنواع من هذه المنتجات التي يمكن استعمالها في تعقيم الخشب على طريقة التدخين أو التبخير مثل سيانور الهيدروجين ، بروميد المثيل وكبريت الكربون [5].

ثالثا ـ تطبيق المحاليل بالحقن

تعتمد هذه الطريقة على تطبيق المحاليل مباشرة على سطح المادة الخشبية، بشرط أن يصل المحلول إلى أعماق المادة، لكي يقضي على الحشرات و اليرقات وبيضها المتواجدة في الثقوب والأروقة، وتستعمل هذه الطريقة سواء في المعالجة الوقائية، أو الشفائية، حيث

[1] -Marie France Roquebert , Op cit , 279.
[2] -H. J. Planderleith, Op.cit, p. 140.
[3]- G. Canava, Op.cit, p. 171.
[4] - Ibid, p. 171
[5] - H. J. Planderleith, Op.cit, p. 142.

يشترط أن يكون الخشب بنسبة رطوبة 18 % ، وأن لا يكون متصل بالمياه أو قريب من قنوات توزيع المياه، لأن هذه المحاليل سهلة التسرب والانتشار، و بالتالي يمكن أن تنتشر في الماء وتسبب التسمم، لذا يجب استعمالها من طرف أخصائي وبأدوات وقائية، وتمر هذه المرحلة عبر عدة مراحل [1] :

- نقوم بتعيين المناطق المصابة في جسم الخشب.
- نحرر الخشب من أي عائق، كالأتربة مثلا.
- نقوم بتنظيف الخشب من الغبار والنشارة الناتجة عن أروقة الحشرات لان الغبار أو النشارة يمتصان قدر من المحاليل المستعملة.
- معالجة عمق الخشب التي تتم من خلال حقنه بمحلول المعالجة في الثقوب الخشبية، ويمكن أن نظيف بعض من هذه الثقوب بواسطة ثاقبة كهربائية من أجل إيصال المحلول إلى داخل البنية الخشبية مع مراعاة حجم، الخشب حيث أن إحداث ثقوب لا يكون إلا على هياكل خشب البناء [2] ، و إن تعذرت هذه الخطوة نقوم بطلي سطح الخشب بالمحلول المخصص للمعالجة وإعادة العملية حتى نتأكد من أن المحلول قد تسرب إلى بنية الخشب، أو نستعمل أنبوب موصل بمكبس ويوجه نحو الثقوب أين يتم حقن المحلول بداخلها من خلال ضغط الأداة [3] ، وقد صممت أداة كهربائية فعالة لهذا الغرض من مادة البلاستيك تعمل بنظام الدفع، ينصح باستعمال طريقة الحقن على خشب البناء الذي يفوق سمكه 50ملم في النوع المرصع و 170 ملم في النوع الدائري وتطبق العملية ثلاث مرات على كل متر من الخشب، أما إذا كان الخشب متصدع أو متشقق نقوم عندئذ بحقنه في هذه الشقوق والتصدعات [4].

ويمكن اتباع الخطوات التالية عند المعالجة بالمبيدات في حالة الأسقف ، حيث نقوم بإزالة الأجزاء الهشة في الخشب بواسطة مطرقة أو إزميل ، ثم تنظيف الخشب بالفرشاة ، بعدها نقوم بعمل ثقوب بواسطة مثقاب يدوي أو كهربائي ، ثم ندخل أنابيب بعدها نقوم بتطبيق

[1] - H. J. Planderleith, Op.cit, p. 94.
[2] -M. Rayzal, Op.cit, p. 69.
[3] - Ibid, p. 69.
[4] - D.G. Avat, D. Dirol, et al, Op.cit, p. 127.

المبيد باستعمال آلة ضغط من أجل التشبيع العميق ، بعدها نقوم برش المبيد على السطح الخارجي للخشب[1] .شكل رقم (146) صور لخطوات المعالجة بالمبيد

شكل رقم (146) صور لخطوات معالجة الخشب بالمبيد ات . بتصرف

رابعا ـ المعالجة باستعمال الأشعة

معالجة الخشب بالأشعة هي منهجية حديثة وعصرية، لكن استعمالها محدود، ويتمثل في تعريض البنية أو الهيكل الخشبي التالف بفعل الحشرات أو الفطريات لأشعة X أوY الموجهة بالكوبالت ، حيث تعمل هذه الأشعة على تحطيم روابط الحمض النووي للكائنات المجهرية والحشرات وبالتالي تخريب الخلايا وتدمير أجسامها كلية [2] ، يتم هذا العلاج في درجة حرارة وضغط معين ، بدون أن نظيف محاليل كيميائية سائلة أو غازية، حيث تدخل الأشعة في أعماق البنية الخشبية، دون أن تؤثر على السطح الحساس، كما يتم استعمال هذه الطريقة بصفة خاصة في معالجة العناصر الخشبية ذات الأحجام الكبيرة، ولا تأخذ مدة زمنية طويلة، وهذه المقادير تختلف حسب أنواع التلف فنجد مقادير خاصة باليرقات وأخرى خاصة بالحشرات [3] ، إضافة للنوع الأول من الأشعة هناك أنواع أخرى يمكنها أن تفي بنفس الغرض ، وهي أشعة فعالة جدا لمعالجة الخشب الأثري مثل الأشعة البنفسجية وأشعة قاما

[1]- Marei-France Roquebert , OP cit , 279
[2] -Ibid, p. 60.
[3] - G. Canava, op cit , p. 126.

وهي الأشعة التي تستعمل بشكل واسع في المعالجة وكذلك في تثبيت و بلمرة المحاليل الصناعية التي تستعمل لتقوية وتثبيت مادة الخشب [1] .

3.3.3 - التدعيم و التقوية

عندما يتلف الخشب يفقد جزءا من مواصفاته كالمتانة ، التماسك والمرونة ، وهذا التغير له سببان رئيسيان ، الأول يرتبط مباشرة بضياع جزء من المادة الخشبية نفسها بسبب نشاط الحشرات ، والثاني يرجع إلى تلف البنية الخاصة للخشب بسبب الفطريات [2] وكذلك العوامل الفيزيائية كالحرارة والرطوبة والضوء ، وبغية تحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية يتم اجراء عمليتان هما:

1.3.3.3 - التدعيم وإعادة اللصق

يمكن أن يبلغ التلف في الهياكل الخشبية التي تتعرض لهجمات الحشرات أو التعفنات حدا يجعله يفقد القسم الأكبر من مقاومته الميكانيكية ، وهنا نكون أمام خيارين إما استبدال الخشب أو تدعيمه ، وفي حالة الاختيار الثاني ينبغي أن نحدد أفضل نهج ينبغي اتباعه لتحقيق التدعيم ، سواء بتشبيع الخشب بعنصر تدعيمي أو باستعمال بعض الوسائل الآلية ، وعادة ما يتم استعمال المنهجين من أجل تحقيق الفعالية وإعادة المتانة للخشب ، فقد نلجأ إلى التشبيع قبل التقوية الآلية وقد نفعل العكس . [3]

- التدعيم الآلي أو الميكانيكي

في بعض الأحيان يكون من الضروري اللجوء إلى تدعيم آلي للأثر المراد ترميمه ، وهناك طرق مختلفة لتدعيم الخشب :

- غرس أوتاد معدنية أو خشبية في داخل الأثر ، ثم تسد الثغرة بالمعجون .
- إدماج زوايا بشكل × خلال الشقوق وذلك لمنع انفتاحها ، أو لصق قضبان على الوصلات .
- التقوية بواسطة صفيحات من الخشب تلصق أو تثبت بالبراغي على ظهر الهيكل القديم [4].

---

[1]- N.S. Bromelle- Deterioration and treatment of wood, in problems of conservation in museum- ICOM, Ed Eyrolles, Paris, 1969, p. 72.

[2]- دني بيبويه ، المرجع السابق ، ص 60 -61 .

[3] - نفسه ، ص 60 .

[4] - نفسه ، ص 74 .

2.3.3.3 - التقوية

تعتبر التقوية من الطرق العلاجية في الخشب حيث يمكن استعمال مادة الأديكون أو البرالويد المخففة في مذيب الأسيتون بنسبة 1 إلى 1 ، وذلك عن طرق التشريب بالفرشاة لخمس مرات على أن يكون الفاصل بينها يومان ، وذلك للتأكد من تمام جفاف وتطاير مذيب الأسيتون ولزيادة درجة تغلغل المادة المقوية [1] ، كما يمكن استعمال مواد أخرى حيث تم في الماضي اختيار مواد التقوية والتدعيم من المستحضرات الطبيعية كالشموع والراتينجات ، أما في الوقت الحالي فيمكن استخدام منتجات صناعية بخصائص مختلفة ، على أن يراعى أثناء اختيارها بعض الشروط ومنها :

- القدرة الجيدة على اللصق .
- تقلص قليل عند التماسك (الجفاف ، والتكثف) حتى لا تؤثر على خصائص الخشب .
- عدم تبديل مظهر الأثر المعالج .
- قابلية إعادة الأثر لما كان عليه بمعنى قابلية الإزالة والرجوعية .
- قدرة جيدة على النفاذ في الخشب ، مع الثبات عند القدم وعدم تغير اللون أو الخصائص الميكانيكية . [2]

ومن مساوئ استخدام المواد الصناعية أنها لا تستخدم إلا بشكل محاليل مخففة نسبيا إلى غاية 10% ، ولذا يصبح لزاما تكرير استعمالها لضمان نفاذ كمية كافية من الراتنج لداخل الخشب، وبسبب سرعة تبخر المادة المذيبة من الخشب يصعب تحقيق درجة النفوذية المطلوبة ، ولذلك يمكن غمرها في حمام من هذه المادة وهذا أمر مكلف [3]، يمكن استعمال مذيبات ليست سريعة التبخر أو تغطية القطع الخشبية بالبلاستيك لتفادي التبخر السريع للمذيب ومادة التقوية .

---

[1]- ابراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة المباني ، ص 309 .
[2]- دني بيويه ، المرجع السابق ، ص 61 .
[3]- ورنر . أ :"صيانة الجلود والأخشاب والعظام والعاج ومواد الأرشيف "، ترجمة : عادل الكفيشي ، في : صيانة التراث الحضاري ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، تونس ، 1990 ، ص 127 .

أولا- التقوية باستخدام الشمع

يستخدم الشمع الأبيض المضاف إليه القلفونية بنسبة 50 % ، وتتم عملية التقوية في أحواض تسخن كهربائيا لقابلية الشمع للاشتعال ، ويجب ألا تزيد درجة حرارة الشمع المنصهر عن 120°م ، ويعتمد الوقت على مسامية الخشب وكتلته .

ويتم العمل بوضع الأخشاب المراد تقويتها في قاع الحوض ومن حولها الشمع المضاف إليه القلفونية ، ثم تبأ بعد ذلك عملية التسخين ، ويمكن أن يلاحظ أن الماء الحر المختزن في الخشب سوف يخرج من المسام كلما ارتفعت درجة الحرارة ، ومن ثم سوف يحل الشمع المنصهر محله ، وتستمر عملية التسخين إلى 120°م ، ترفع الأخشاب بعد الانتهاء من عملية التقوية ، وتوضع في وضع مائل إلى أن تتخلص من الشمع الزائد وتترك على هذا الوضع حتى تجف تماما ، ويزال الشمع المتراكم على سطح الخشب باستخدام البنزين أو زيت التربنتين .

- يتعين عند رفع الأخشاب وضع عمود معدني في الشمع المتبقي في الحوض حتى يتسنى نزعه فيما بعد ، ويمكن التخلص من الماء الذي تجمع في قاع الحوض عن طريق ثقب الشمع المتجمد .

- ويفيد الشمع في تقوية الأخشاب في منع الحركات الداخلية التي تحدث في أليافه بحدوث تغيرات في الرطوبة ، إلا أنه يسبب بعض الأضرار منها تراكم الأتربة على سطح الخشب المعالج نتيجة لتسرب الشمع من داخل الخشب عند درجات الحرارة العالية ، كما أنه يؤدي إلى التغير الكبير في لون الخشب المعالج لاختلاف معامل الانكسار الضوئي له [1].

ثانيا - التقوية باستخدام اللدائن الصناعية

تتسبب التقوية بهذه المواد بتغير لون الخشب ولكن بدرجة أقل ، كما يمكن استخدام محاليل مخففة بنسبة لا تزيد عن 5 % وعلى فترات متكررة ، لتجنب التغير الكبير في لون الخشب، ويمكن استخدام اللدائن التالية في التقوية .

- محلول خلات الفنيل المبلمرة المذاب في الطولوين والأسيتون .

- محلول البيداكريل 122× في الطولوين .

[1]- عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 277- 278 .

- لدائن البولي إستر مثل Marco S.B.26C ، Bakelite 1744 ، وهي عبارة عن سوائل قليلة اللزوجة تتبلمر في مسام الأخشاب بعد وقت محدد ، وتكسبها الصلابة المناسبة ويتعين تجربتها قبل بدء العمل .

وتتم عمليات التقوية بهذه المواد بعيدا عن مصادر اللهب ،لشدة قابليتها للاشتعال ، ويفضل تخفيفها بمزيج من المذيبات العضوية المختلفة في درجة التطاير ، لضمان نفاذ المحلول إلى أقصى مسافة ممكنة في الخشب ، ويفضل أن تكون 50 % أسيتون + 20 % طولوين + 15 % بنزول + 10 % كحول إثيلي + 5 % خلات الأميل ، ويفضل تفريغ مسام الأخشاب من الهواء والماء الحر حتى لا يقاوم تشرب محاليل التقوية [1].

4.3.3- الاصلاح والاستبدال

- من أجل إصلاح الهياكل التاريخية ، سيكون من الممكن استخدام قطع الخشب المستبدلة بشكل يحترم القيم التاريخية والجمالية في الوقت الحاضر ، وعند ضرورة استبدال العناصر المتدهورة أو التالفة أو أجزاء منها ، أو لأغراض الترميم ، فيجب أن تكون الأجزاء الجديدة ، أو أجزاء منها ، من نفس الأجناس الخشبية ونفس النوعية ، أو إذا لزم الأمر ذات جودة أفضل منها ، كما ينبغي أن تكون بخصائص طبيعية مماثلة، يجب أن يكون محتوى الرطوبة والخصائص الفيزيائية الأخرى للخشب البديل متوافقًا مع الهيكل الموجود.

سيكون من الضروري استخدام التقنيات الحرفية وطرق البناء التي استخدمت في الأصل ، وكذلك نفس النوع من الأدوات والآلات. وتحتاج المسامير والملحقات الأخرى إلى نسخ المواد الأصلية ، لاستبدال الأجزاء التالفة يفضل استخدام تجميع تقليدي لربط الجزء الجديد بالجزء القديم ، إذا كانت هذه العملية ممكنة ومتوافقة مع خصائص الهياكل المراد إصلاحها.

- من الضروري التأكد من تمييز الأجزاء الجديدة ، أو أجزاء الغرفة ، عن الأجزاء القديمة. يمكن استخدام الطرق التقليدية المناسبة أو الطرق الحديثة المؤكدة باختلاف اللون بين الأجزاء القديمة والجديدة ، مع الضمان أن لا تؤثر على سطح قطعة الخشب أو تضر به.

[1] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 278 .

- الأجزاء الجديدة أو أجزاء منها ، يجب أن تكون معلمة بعلامة كأن تكون محفورة بإزميل أو حديد ساخن حتى يمكن التعرف عليها في المستقبل. [1]

1.4.3.3- تجميع الألواح الخشبية و ملئ الثقوب والشروخ

أولا - تثبيت وتجميع الألواح الخشبية المنفصلة

تثبت الألواح الخشبية المنفصلة الموجودة في السقف أو في الكشك بواسطة مسامير حديدية غير قابلة للصدأ ، أو أن تكون مطلية بدهان يمنع الصدأ ، حيث يدق على رؤوسها حتى تدفن داخل الألواح فلا تظهر كي لا تشوه مظهره الألواح ، على أن تتم العملية بكل دقة وحرص لكي لا تتلف الألواح

أ- تجميع القطع الصغيرة

يستخدم في تجميع القطع الصغيرة المعجون السابق وباتباع الخطوات التالية :

- تدهن أطراف القطع المراد تجميعها بالغراء حتى تتشبع تماما .
- تغطى الأطراف بطبقة من المعجون باستعمال سكينة معجون صغيرة .
- تجمع الأجزاء المنفصلة في أوضاعها الصحيحة .
- تكبس القطع الخشبية بعد تجميعها وبعد التأكد من وضعها السليم بواسطة مكبس يدوي مناسب ، ثم تترك لتجف وتتماسك أجزاؤها ويراعى تنظيف المعجون الزائد قبل جفافه .

ب- تجميع القطع الكبيرة

تجمع القطع الكبيرة الحجم بعد تقوية أطرافها بمحلول مخفف من المادة المستخدمة في اللصق ، وهي إما محلول من الغراء المضاف إليه مبيد حشري ونشارة الخشب الناعمة أو إحدى اللدائن الصناعية ، وتفضل لدائن الإيبوكسي المضاف إليها نشارة الخشب ، وفي كلتا الحالتين تقوى أماكن التجميع بأسافين خشبية على شكل إكس أو بالجبائر الخشبية أو بالزوايا المعدنية أو بغير ذلك من الطرق [2] .

[1]-ICOMOS , op cit , p3 .

[2] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 285.

ثانيا- ملئ الثقوب والشروخ والفجوات للأخشاب

نظرا لوجود الثقوب ونتيجة مهاجمة الحشرات للأخشاب بالإضافة إلى تأثير عوامل التلف المختلفة عليها مؤدية إلى ظهور الشروخ والتشققات ، نتيجة وجود مظاهر التلف الفيزيائي لأخشاب مؤثرة بذلك على المظهر الجمالي للعناصر المعمارية الخشبية وكذلك على متانتها .

وللحفاظ على التماسك وزيادة المتانة يمكن سد الثقوب والفجوات والشروخ باستخدام معجون من : 1 سبيداج ، 1 زنك ، 5 أكوستيك ، 5 مستحلب خلات الفنيل المبلمرة ، ويمكن اضافة الماء لمراعاة التشغيل الجيد للمعجون [1]، مع استعمال أكسيد بني وذلك لتلوين المعجون بلون الخشب ، ويمكن استخدام ألياف الكتان لسد الشروخ والتشققات العميقة ، حيث نستعمل سكينة المعجون وندخل ألياف الكتان ثم نسد الشق باستخدام المعجون ، مع إضافة طبقات أخرى من المعجون بعد يومين حتى يجف المعجون السابق ، ثم نسوي السطح باستخدام ورق زجاجي للصقل [2].

- كما يمكن أن تملأ الفجوات بمعجون خاص يراعى في تركيبه أن يكون متناسبا من حيث خواصه الطبيعية ، كالصلابة والمسامية والشد الناتج عند الجفاف ، مع حالة الضعف التي أصبحت الأخشاب القديمة ، ويمكن تحضره كما يلي :

- ثلاثة أو أربعة أجزاء من محلول الغراء ، ويحضر بوضع 30غ من غراء الأرنب في إناء به 200 سم^3 من الماء لمدة 24 ساعة ، ويقلب بعدها ثم يصفى ويضاف إليه قليل من أحد المبيدات الحشرية مثل د.د.ت أو الجامكسان .

- جزء واحد من محلول الليوسيلين 7.5 % .

- جزء واحد من محلول مركز من القلفونية في الكحول .

- جزء واحد من نشارة خشب ناعمة جدا ، تضاف تدريجيا مع التقليب المستمر .

- جزآن من أكسيد الزنك يضافان تدريجيا ويمزجان جيدا .

- نصف جزء من راتينج البيداكريل دون تخفيف [3].

---

[1] - إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة المباني ، ص 311 .

[2] - نفسه ، ص 311 .

[3] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 284 - 285.

تستمر عملية المزج حتى تنتج عجينة متناسقة التركيب والقوام ويضاف إليها اللون الذي يتناسب مع لون الخشب ، ويستخدم هذه المعجون مباشرة أو يحفظ في إناء من الزجاج واسع الفوهة له غطاء محكم ، ويعاد مزج المعجون جيدا عند الاستعمال في كل مرة .

2.4.3.3 - تطبيقات الترميم على الخشب

اولا - طريقة إزالة الطلاء من الخشب

هناك عدة طرق يمكن استعمالها لإزالة الطلاء من الخشب ومنها :

أ- الطرق الميكانيكية

هناك عدة وسائل يمكن استخدامها منها :

- آلة الصقل الهزازة : وهي آلة كهربائية تستخدم لصقل وإزالة الطلاء على الأسطح المسطحة الكبيرة لسرعتها في العمل .

- الكشط بالمكاشط : وهي وسيلة بطيئة مقارنة مع الوسائل الأخرى ويمكن أن نستعمل عدة أنواع من النصال ، وتستعمل في أنواع الأخشاب التي تكون ملتوية أو دائرية كالدرابزين مثلا أو أرجل الأثاث .

- استعمال ورق الزجاج : يمكنه إزالة طبقات رقيقة من البرنيق أو الطلاء ويوجد بأحجام مختلفة .

- استعمال مسدس الهواء الساخن : يستخدم في إزالة طبقات سميكة من الطلاء ، ويجب ضبط الجهاز في درجات حرارة مناسبة ولوقت قصير حتى نتفادى حرق الخشب ، عند تسخين الطلاء يمكن إزالته بواسطة مكشط .[1]

ب- الطرق الكيميائية

هناك عدة طرق يمكن استعمالها وأهمها :

- **استعمال الكحول** : هو غير سام كما أنه متوفر ويمكنه إزالة الدهان من دون التأثير على الخشب لإمكانيته على التبخر ، حيث نضع كمية على القطعة ثم نستعمل قطعة القماش ونحك السطح حتى يختفي الطلاء ، ويمكن تكرار العملية لغاية زوال الطلاء ، كما يمكن أن نقوم بوضع طبقة من الكحول على الخشب ثم لفها بغشاء بلاستيكي لمدة من الوقت لتفادي تبخر

[1] - Atlas pratique de la restauration de la maison , Edition Glénat , France , 2002 , P47.

الكحول ولإطالة وقت التفاعل ، ثم نزيله ونقوم بإزالة الطلاء بواسطة قطعة قماش أو فرشاة أسنان .

- **الصودا الكاوية** : تستعمل فقط بالنسبة لخشب الصنوبر ، ويفضل عد استخدامها في الأخشاب الملصقة مع بعضها البعض لتأثيرها على الغراء ، ويمكن إذابة 1 كلغ في 5 لتر من الماء الساخن ، ويستعمل المحلول بواسطة كرية القماش بحيث يتم تمريرها على الخشب لغاية التشبع ، ثم يغسل بالماء النقي وبمساعدة قطعة قماش أخرى نظيفة ، ويجب أن تكون العملية دائما في اتجاه الألياف ، مع استخدامها في الأماكن المفتوحة وذات التهوية الجيدة وباستعمال قفازات وقناع وملابس عمل سميكة [1].

ثانيا- معالجة تقوس الأخشاب

من أجل إزالة تقوس الأخشاب الناتجة عادة عن الجفاف يمكن إجراء عملية تطرية بواسطة حمامات البخار المائية ، ويتوقف حجم الحمام على حجم وأطوال الأخشاب المختلفة ، ويكون نتيجة اطلاق البخار الساخن عليها اكتساب الرطوبة النسبية المطلوبة والتطرية اللازمة ، ومع الضغط الخفيف عليها باستمرار(عكس التقوس) يمكن تعديل الخشب واعادته وإعادته إلى شكله الطبيعي ، على أن يجف من أثر عملية التبخير هذه تحت ضغوط وأثقال تحقق له الاحتفاظ بالشكل النهائي . [2]

- معالجة تقوسات الأسقف الخشبية

عادة ما تكون الأسقف الخشبية مكشوفة من الأسفل ومعزولة من الأعلى بطبقة من الملاط المختلفة التكوين ، أو مغطاة بالقرميد إذا كانت في المستويات العلوية ، وهذا ما يؤدي إلى اختلاف في تعرض الأوجه إلى درجات الحرارة ونسبة الرطوبة ، مما قد ينجم عنه تحدب أو تقعر في القطع الخشبية .

ونظرا لوجود قطع من الأسقف الخشبية في أوضاع غير سليمة بتقوسات واضحة بالعين المجردة ، فيمكن ازالة هذه التقوسات بإجراء عملية تطرية للأخشاب بواسطة حمامات من البخار المائية ، فبعد إزالة الأخشاب المقوسة نضعها في حمامات بحسب حجم وأطوال الخشب ، ثم نقوم بإطلاق البخار الساخن عليها لإكسابها الرطوبة والتطرية اللازمة ، مع

[1]- Eva pascual , Restaurer le bois , p p 86,100 -101 .

[2]- إبراهيم عبد القادر حسن ، المرجع السابق ، ص 132 .

الضغط عليها عكس التقوس باستمرار ، كما يمكننا أن نضع فوقها كتلة لمعالجة التقوس ، ثم يتم تجفيفها قبل استعمالها ، كما يمكن أيضا تثبيت زوايا من الحديد المطلي لتفادي الصدأ في ظهر الكتل أو الألواح الخشبية في وضع متعامد مع اتجاه الألياف ، أما في حالة الأخشاب الموجودة في مكانها بالأسقف فيمكن تعريضها إلى البخار لمدة 48 ساعة متواصلة حتى تنتفخ الألياف ، ثم يتم الضغط عليها من الأسفل بثقل من الحديد المستوي عن طريق الضغط بالرافعات من أسفل ، وفي بعض الأحيان يتم تثبيت زوايا من الحديد خلف البراطيم الخشبية (الأوتاد الخشبية) من أعلى السطح ،وتثبت بواسطة مسامير مقولظة وذلك لقصر حركة الأخشاب على الاتجاه الأفقي مع مراعاة عزل هذه المسامير قبل التثبيت [1].

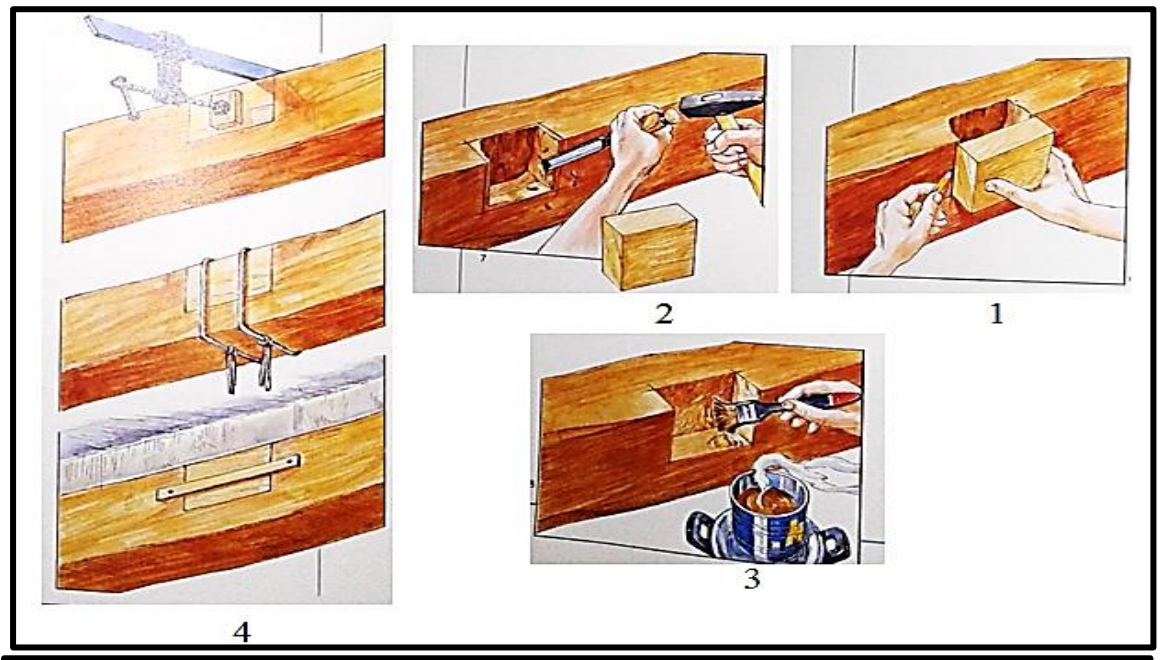
ثالثا – اصلاح الرافدة الخشبية

يمكن أن تفقد بعض الأعمدة الخشبية الموجودة في السقف بعضا من أجزائها ، إذ يمكن أن نقوم بإلصاق القطع الناقصة باتباع الخطوات التالية :

- ينبغي أولا أن نقوم بتنظيف الرافدة الخشبية بواسطة فرشاة ، ثم نقوم بأخذ قطعة خشبية من نفس النوع ونقيس القطعة بحسب الجزء الناقص مع استعمال مقاس أكبر للقطعة ، بعدها نقوم بتوسيع الجزء التالف بواسطة مطرقة وإزميل ، مع تجربة إدخال القطعة حتى تتناسب مع الجزء التي تم حفره ، ثم نقوم بوضع الغراء بواسطة فرشاة ثم نلصق القطعة المطلوبة ، وننظف الغراء الزائد بواسطة قطعة قماش ، بعدها يمكننا استعمال مكبس أو ربط القطعة بخيط لإحكام اللصق أو تثبيتها بواسطة براغي وقطعة خشبية ، وفي الأخير يمكننا سد الشقوق والفتحات باستعمال نشارة الخشب مع الغراء [2] . شكل رقم (147) خطوات اصلاح رافدة خشبية .

[1]- محمد زينهم ، عمرو فاروق الجوهري :" نحو اتجاه تكنولوجي جديد في المحافظة والترميم المعماري الدقيق إعادة تجديد الأزهر بين الأصالة والمعاصرة " ، أبحاث ندوة عمارة المساجد ، م 9 أ ، كلية العمارة والتخطيط ، جامعة الملك سعود ، 1999 ، ص 107 .

[2] - Atlas pratique de la restauration de la maison , op cit, P p 174- 175.



شكل رقم (147) خطوات إصلاح رافدة خشبية عن Atlas pratique de la restauration de la maison

رابعا- اصلاح عناصر الخشب (الاصلاح السطحي)

بعد تشخيص تشوهات المنجور الخارجي (الخشب الذي يكون بشكل ألواح) ، يوصى بما يلى:

1- عزل المبنى بإزالة أسباب الرطوبة(تسرب المياه، الصعود الشعري، سيلان مياه الأمطار على الأسقف والتصريف عبر المزاريب)

2- تنظيف القطع الخشبية المصابة بتلف سطحي والمصابة بالأحياء الدقيقة أو بالحشرات باستخدام سكين حتى يتم الوصول إلى الخشب السليم، يمكن تعبئة التشققات وإكمال الأجزاء الناقصة بصمغ" الإبوكسي" الذي يعيد تشكيل المظهر واللون الأصلي للخشب.[1]

أ- تلف الألياف

من أجل معالجة هذه المشكلة يجب أن:

1- نحدد العنصر و/ أو السطح المصاب.

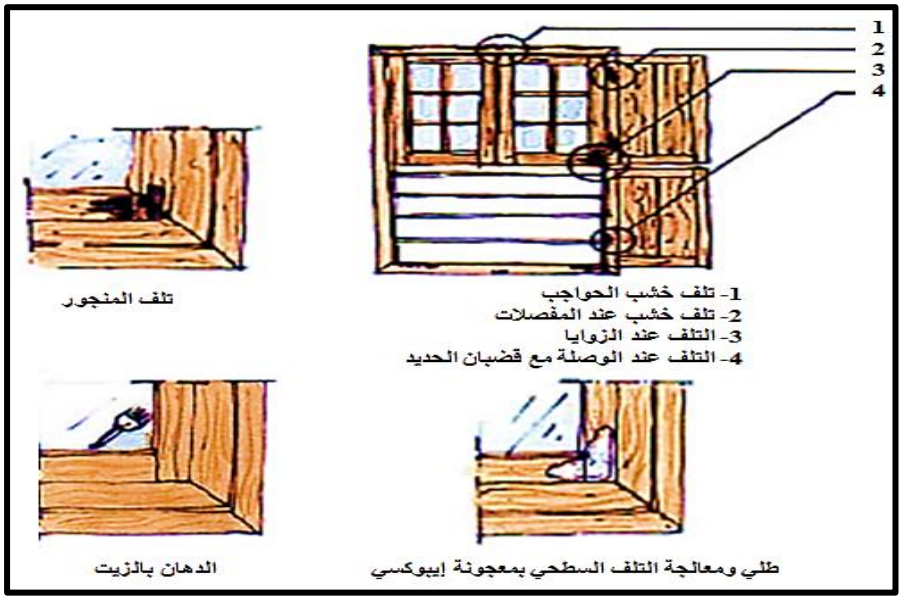
2- نضع لاصق (غراء) فوق كامل السطح المتلف باستخدام شفرة سكين (مشرط). [2]

[1] - مشروع -العمارة التقليدية في سوريا ، الاتحاد الأوروبي ، 2004 ، ص 1 .
[2] - نفسه ، ص 1.

3- نغطي السطح المعالج بورقة ونضع فوقها قطع خشبية للتثقيل نضغط السطح المعالج بطريقة متجانسة باستخدام مرش صغير ويترك السطح ليجف.

4- نرفع المرش، نبلل الورقة من أجل تسهيل انفصال سطح الجزء المعالج.

5_ نطلي السطح الجديد للمنجور الخشبي. [1] شكل رقم (148) يمثل اصلاح السطحي لعناصر الخشب .



شكل رقم (148) الاصلاح السطحي لعناصر الخشب عن مشروع العمارة التقليدية

ب- تشققات الخشب

لمعالجة التشققات التي تحدث في الخشب يجب:

1_ نحضر عجينة باستخدام نشارة خشب وغراء سمك و/ أو غراء من أصل حيواني.

نملأ التشققات بهذه العجينة باستخدام مكشط وتترك لتجف.

3_ نطلي عنصر المنجور الخشبي .

ج- استبدال العناصر المزخرفة

إن استبدال العناصر المزخرفة المختفية يعتبر أمر ضروري من أجل إعادة عناصر المنجور الخشبي إلى حالتها الأصلية. حيث يجب التقيد بالشكل والمادة والألوان الأصلية. [2]

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 3

[2] - نفسه ، ص 3

د- اختفاء الألوان وتلف الدهان وورق الذهب أو الفضة

تتميز الألوان المستخدمة في الأسقف الخشبية المزخرفة أنها مصنوعة من مواد طبيعية (أصل نباتي) أو من أساس زيتي(نمزج عبوة لون من الترابانتين للحصول على لون سائل). لمعالجة مشاكل المتعلقة بالدهان أو بإستبدال أوراق الذهب أو الفضة.

خامسا - تحسين أحكام سد الخشب من الهواء

يوجد فواصل موضوعة فوق الجزء الثابت أو فوق الجزء المتحرك من الأبواب أو النوافذ والتي بدورها تحسن بشكل كبير عزل المنجور للهواء.

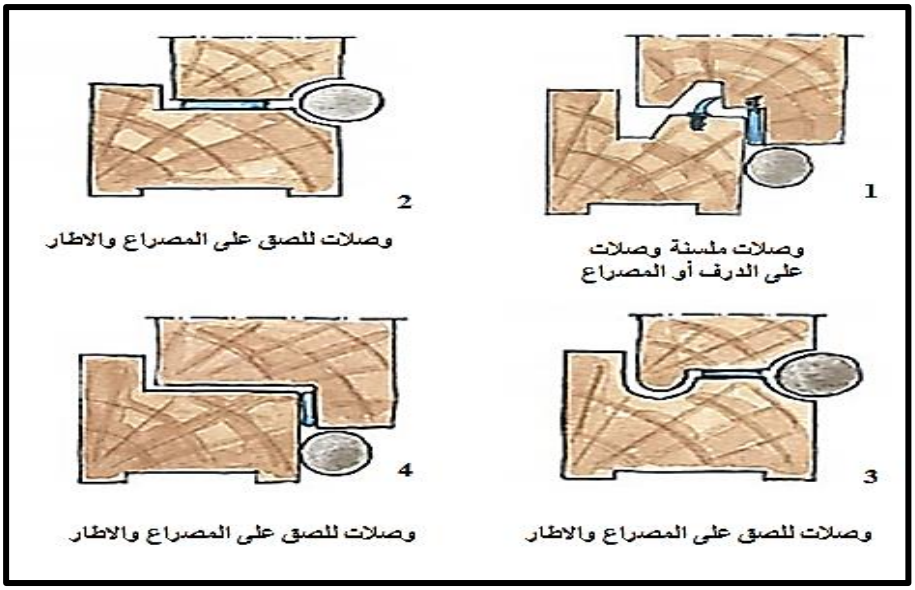
ويتطلب ذلك معدات خاصة، في حال عدم وجودها من الممكن استعمال فاصل يتم لصقه على المنجور والذي يعطي نتائج مرضية تماما.

المبادئ المختلفة للفواصل هي:

1- فواصل ملسنة: تعمل على إحكام عزل الهواء

2- فواصل على الدرف: تعمل بالضغظ

3- فواصل ملصقة على الدرف أو على الصندوق الخشبي [1]. شكل رقم (149) تحسين احكام سد الخشب من الهواء



شكل رقم (149) تحسين احكام سد الخشب من الهواء عن مشروع العمارة التقليدية

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 4

سادسا ـ تحسين إحكام سد الخشب من الماء

إن العزل من الماء يجنب الوقوع في مشاكل التسرب في الجدران والركائز (تحت النوافذ) ، لذلك في حال وجود نافذة قديمة بحاجة إلى ترميم يجب عدم التردد في فك المجموعة من أجل تنظيف فرزة الإطار الحجري(أو مادة أخرى).

- هذا يسمح بترميم الإطار بشكل جيد.

- ويسمح بتجهيز بنية الجدار لتحسين عزل القطع الخشبية عند إعادة وضع المنجور.

- نضع رباط ضاغط (رباط من الكوتشوك المطلي بالقطران) فوق الإطار وعلى كامل طوله، وعلى العارضة العليا ، بالنسبة للجزء السفلى، يكون من الضروري وضع شريطين متجاورين الواحد قرب الأخر، في الواقع يتعرض أسفل الإطار بشكل خاص تعرضا طويلا للرطوبة.

- يملأ السطح الفاصل بين المنجور بنية الجدار بالسيليكون الكتيم.

- إن الحالة الأمثل تتوقف على الجزء المبني والمقصود من ذلك هو لحظ قسم مرتفع من الجدار أسفل النافذة إضافة إلى فواصل العزل من أجل تصريف المياه دون أن يكون هناك أي خطر لتسربها.

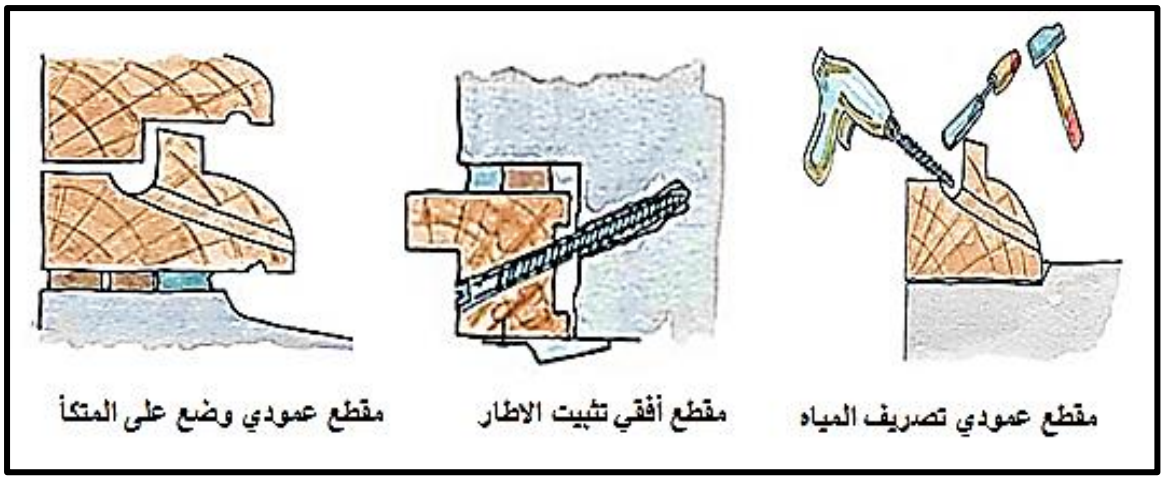
الحل البديل: في حال كانت الطرية موجودة داخل البناء وعملية الفك مستحيلة وغير مرئية تقوم بما يلي:

1_ نحفر مجرى لاستعادة المياه باستخدام الإزميل

2_ نثقب ثقوبا مائلة تمكننا من تصريف الماء وذلك باستخدام مثقب أو ثقابة يدوية.

3_ نملأ الفراغ الحاصل في السطح الفاصل بين المطرية والدعامة الخارجية بالسيليكون وذلك بعد تنظيف البناء وطلي المنجور[1]. شكل رقم (150) تحسين سد الخشب من الماء

[1]- مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 5-6



شكل رقم (150) تحسين احكام سد الخشب من الماء عن مشروع العمارة التقليدية

في حال انكسار الزجاج يجب تغييره باتباع القواعد التالية:

1- إزالة كامل المعجونة القديمة والمسامير التي كانت تثبت الزجاج. والتأكد بشكل جيد من سماكة اللوح الزجاجي قبل تغييره (إذا كان ذلك ضروريا).

2- كشط محز (الفرزة) الخشب الجيد: يحدث تلف الخشب المتعلق بعوامل الطقس والشمس عندما يقل عمق المخز (المرزة) وبالتالي يجب أن نزيد هذا العمق باستخدام إزميل أو مخرقة إذا كان ذلك ممكنا.

3- نطلي محز (الفرزة) الخشب.

4- نضع الزجاج باستخدام مسامير معدنية ودقيقة.

5- نمعجن الزجاج باستخدام المعجونة المناسب مستخدمين السكين و المالج لوضعها، ويترك ليجف.

6- نطلي المنجور بالدهان أو البرنيق .

الحل البديل: إن استخدام طبقتين من المعجون هي طريقة ممكنة وفعالة جدا.

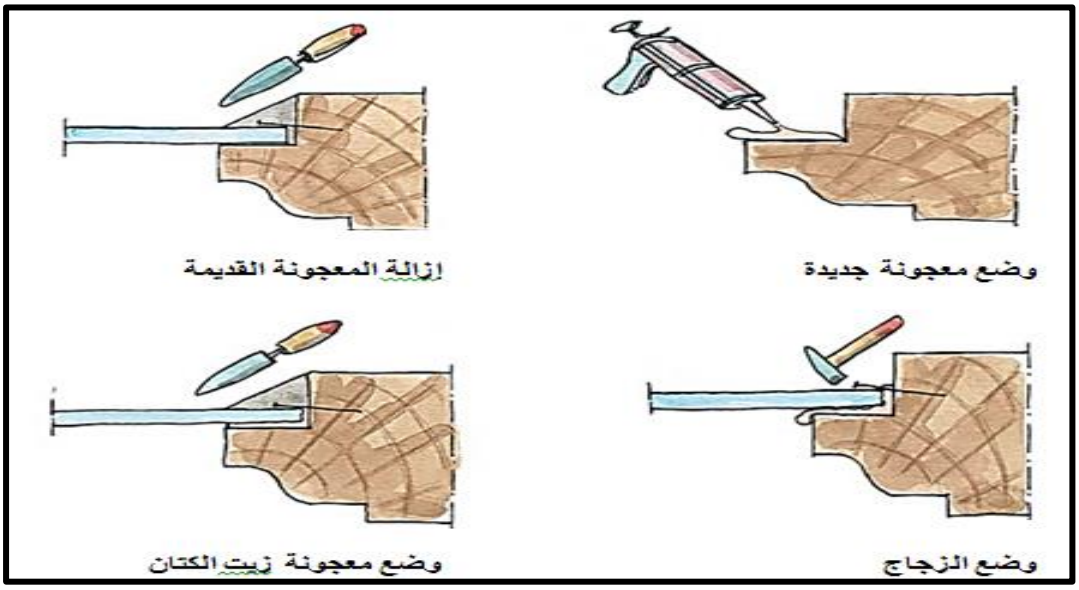
- نضع شريط صغير من المعجون في أسفل محز(فرزة) الخشب على سماكة 3 ملم تقريبا.

- يدخل اللوح الزجاجي بدقة ثم نبته بمسامير معدنية دقيقة.[1]

- نثبت المعجونة بزيت الكتان باستخدام السكين.

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 6-7 .

- نقطع الفائض من المعجون أسفل محز (فرزة) الخشب مكان تركيب الزجاج.[1] شكل رقم (151) خطوات تغيير الزجاج



شكل رقم (151) خطوات تغيير الزجاج عن مشروع العمارة التقليدية

سابعا - استبدال الحوامل الأجزاء البارزة الخشبية (الكشك)

تكمن طريقة الإصلاح في رفع العارضة واستبدالها بعارضة جديدة، وللقيام بذلك نقوم بما يلي:

1- نقيس إرتفاع أرضية الكشك من الأرض (يؤخذ الارتفاع بين السطح السفلي للعوارض ومستوى الأرض)

2- نضع دعامات لتوطيد ودعم هيكل الكشك بشكل مؤقت، يجب استخدام جذوع أشجار ذات طول أكبر من المسافة المقاسة بين السطح السفلي لأرضية الكشك والأرض ب 1إلى 2 سم، ثم نوصل قطعة خشب متعامدة مع النهاية العليا لجذوع الأشجار بحيث نحصل في النهاية على شكل t ، يجب تثبيت نهايتي قطعة الخشب بخوف الجذع باستخدام قطع خشبية موضوعة بزاوية يجب تثبيت نهايتي قطعة الخشب بخوف الجذع باستخدام قطع خشبية موضوعة بزاوية 45_60 درجة .

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 8

- نوزع الدعامات ذات الشكل t تحت أرضية الكشك بحيث تتعامد مع عوارض الأرضية . ويتم وضعها بشكل مائل ثم دفعها للداخل باستخدام مطرقة لتصبح عمومية . أن توضعها بهذا الشكل يدعم الكشك بشكل مؤقت ويريح الحوامل من ثقلها . في حال الضرورة تدق اسافين خشبية أسفل الدعامات وذلك لتثبيتها .

- نقوم بنشر الوسادات الخشبية في مكان التقائها بالجدار الحامل ، ونرفع العوارض بعناية لكي لا تتحرك الدعامات .

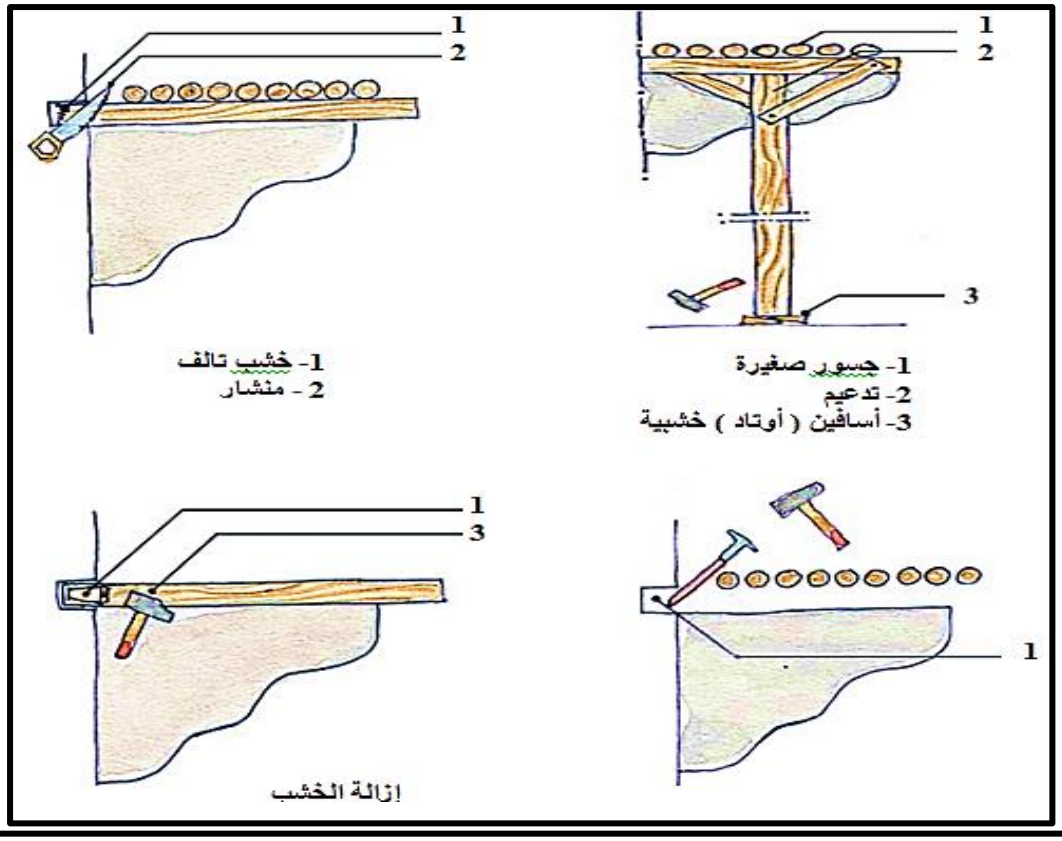
- نفك النهايات المغروزة في الجدار باستخدام ازميل ومطرقة يجب تنظيف التجاويف تماما، وازالة أي أثر للخشب المتعفن أو المهترئ.

- نعيد صنع الوسادات باستخدام نفس نوعية الخشب و بنفس أبعاد وشكل العوارض الأصلية وقد تكون النهايات الحرة العوارض منقوشة بأشكال متنوعة: نسعى إلى اصلاحها. بعد تقطيع وتنظيف النهاية المتعفنة، نقوم باستبدال الجزء الضامر لنعيد الطول الأولي للخشبة إلى ما كان علية سابقا: باستخدام نعلات أو صفائح معدنية مثبتة بواسطة البراغي .

- تدخل العوارض الجديدة في تجاويف الجدار وللتأكد من ثبات الوسادات ووضعها بشكل أفقي، يجب تثبيتها في أماكنها بأسافين خشبية مغروزة في الجدار وذلك باستخدام المطرقة.

- نرفع الدعامات بدفعها للجانب باستخدام مطرقة [1]. شكل رقم (152) يمثل خطوات استبدال حوامل الأجزاء البارزة .

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 9



شكل رقم (152) خطوات استبدال حوامل الأجزاء البارزة
عن مشروع العمارة التقليدية

ثامنا ـ استبدال الأجزاء البارزة الخشبية (الكشك).

بعض الحلول للمشاكل الأكثر شيوعا:

أ ـ استبدال الألواح الخشبية

تثبت الألواح الخشبية فوق الجدران بمسامير تدق في نهايتها فوق العناصر الحاملة للهيكل. إن شكل هذه الألواح يسهل وضعها فوق بعضها البعض حيث تتداخل مع بعضها بـ 1-2 سم لتمنع تسرب الهواء.

إن طريقة إصلاح الأضرار الظاهرة تكمن في رفع اللوح المتضرر واستبداله بآخر جديد للقيام بذلك يجب أن:

1- نحدد الألواح المراد استبدالها [1]

2- نرفع عناصر السطح المزينة المرتبطة بالأجزاء المتضررة ونضعها جانبا.

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 10

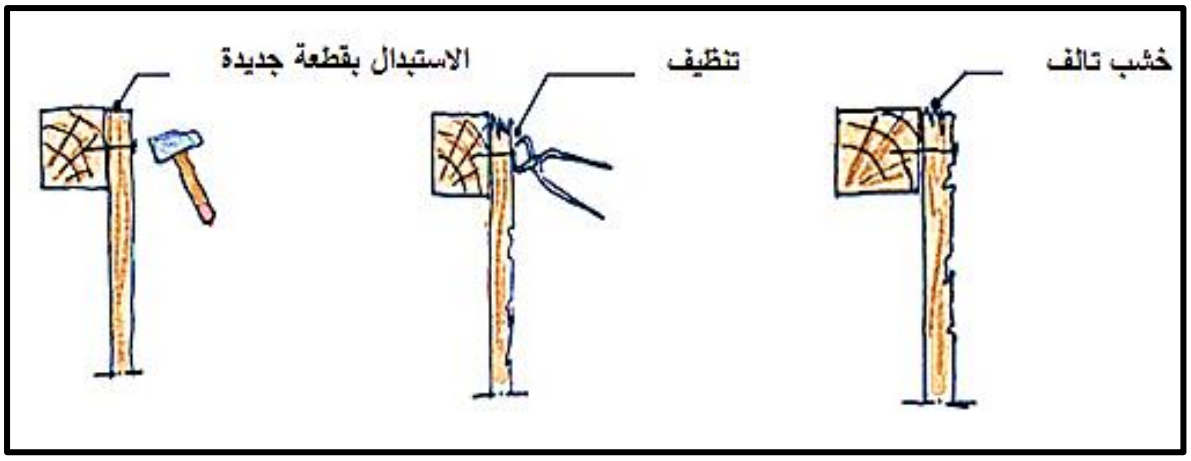
3- نرفع الألواح المتضرر بقلع مسامير التثبيت الموجودة في نهايتها باستخدام كماشة.

4- نضع الألواح الجديدة باستخدام نفس نوعية الخشب وبإتباع نفس أبعاد وشكل العناصر الأصلية .

5- تدخل الألواح الجديدة في أماكنها الأصلية، نثبت نهايتها بالمسامير فوق عناصر هيكل الجدار .

6- نثبت العناصر المزينة فوق الجزء الحر لسطح الجدار. يجب استخدام مسامير ذات أبعاد صغيرة لكي لا تغلق العناصر المزخرفة الرقيقة .

7- نعالج السطح الخشبي باستخدام زيت الكتان حيث ندهن الزيت فوق الخشب بواسطة ريشة رسم أو فرشاة . [1] شكل رقم (153) خطوات استبدال الأجزاء البارزة الخشبية.



شكل رقم (153) خطوات استبدال الأجزاء الخشبية البارزة
عن مشروع العمارة التقليدية

ب ـ معالجة التشققات

لمعالجة هذه المشكلة يجب أن:

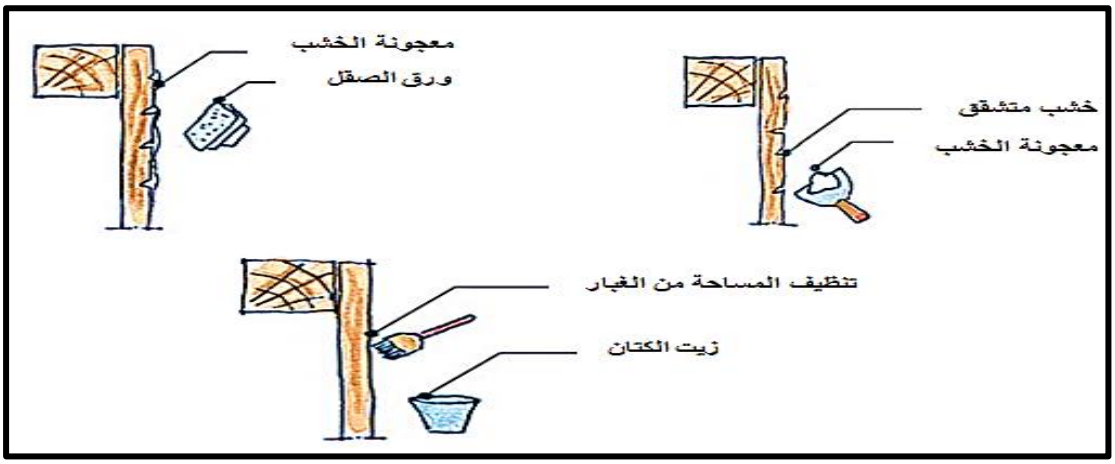
1- نملأ التشققات بعجينة الخشب .

2- نطري أسطح التشققات المعالجة باستخدام ورق زجاج ناعم .

3- نزيل الغبار من على السطح باستخدام فرشاة طرية .

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 10-11

4- نعالج السطح الخشبي باستخدام زيت الكتان حيث ندهن الزيت فوق الخشب بواسطة فرشاة . شكل رقم (154) معالجة التشققات



شكل رقم (154) خطوات معالجة التشققات في الأجزاء الخشبية البارزة عن مشروع العمارة التقليدية

ج- إكمال العناصر المزخرفة المفقودة

تضفي العناصر المزخرفة على الأكشاك مظهرا استثنائيا وبالتالي فإن إضافة وإعادة العناصر المزخرفة التي اختفت يعتبر أمرا ضروريا لإعادة الكشك إلى حالته الأصلية، للقيام بذلك نتبع ما يلي:

1- نحدد العناصر التالفة أو الموجودة على الجدار للقيام بإعادة تصنيع العناصر التالفة وهذا يمكننا من تجنب الكثير من الأخطاء التي قد تظهر.

2- نعيد صنع العناصر باتباع الشكل المزخرف الأصلي وباستخدام نفس نوعية وشكل وأبعاد الخشب المستخدم .

3- نثبت العناصر الجديدة في مكانها الأولي .

4- نعالج سطح العناصر الجديدة المضافة باستخدام زيت الكتان حيث ندهن الزيت فوق الخشب باستخدام ريشة رسم.[1]

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص12

تاسعا ـ معالجة الخشب ضد الحشرات

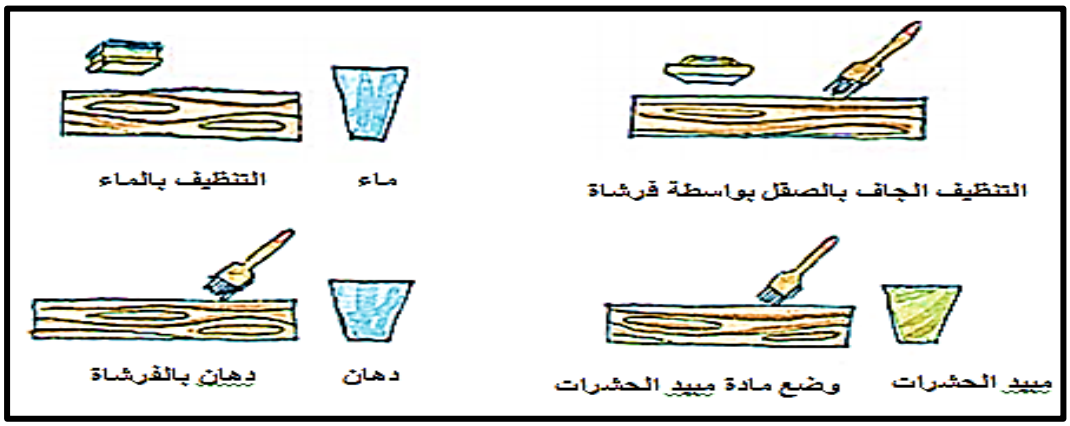
- يشمل وضع مادة لحماية الألواح الخشبية دائما قسمين: تحضير الخشب ومن ثم دهانه.
- كلما كانت معالجة الخشب سليمة، كلما كان التصاق الطلاء أفضل .
- ينصح بالاستفادة من هذه العملية لمعالجة الخشب بمبيد للحشرات للمرحلة الثاني.
- تتم عملية الطلاء في طقس جاف وفي مكان مظلل يتم الطلاء بوضع عدة طبقات منتظمة وقليلة السماكة. يحدد نظريا الوقت الكافي لجفاف كل طبقة منها. أما مقاومة المواد المطلية والحماية فتحدد بحسب نوعية الطلاء والطريقة الصحيحة لوضعه. يجب أن تؤخذ النصائح المرفقة للمواد المستعملة بعين الاعتبار تختلف طرق المعالجة حسب حالة الخشب

أ- خشب بحالة جيدة

1- تحضير الخشب: نظف الخشب بالفرشاة ومن ثم إزال الغبار عنه أغسل الخشب بواسطة الماء الساخن والصابون مثلا وأخيرا أقم بشطفه ودعه يجف.

2- معالجة الخشب بمبيد للحشرات: ضع بواسطة الفرشاة (كزيلوفان Xylophéne أو غيره من المواد المبيدة للحشرات) ، يجب أن يشرب الخشب المواد وذلك بوضعها لعدة مرات ولعدة أيام وتركها لتؤثر لمدة أسبوع قبل القيام بعملية الطلاء أو الترميم

3- عملية الطلاء: استعمل الفرشاة لتصليح بعض الأماكن بعد القيام بحق الخشب بشكل بسيط وعلى الناشف قبل طلي الطبقة النهائية.[1] شكل رقم (155) معالجة وحماية الخشب الجيد .



شكل رقم (155) معالجة وحماية الخشب الذي يكون بحالة جيدة
عن مشروع العمارة التقليدية

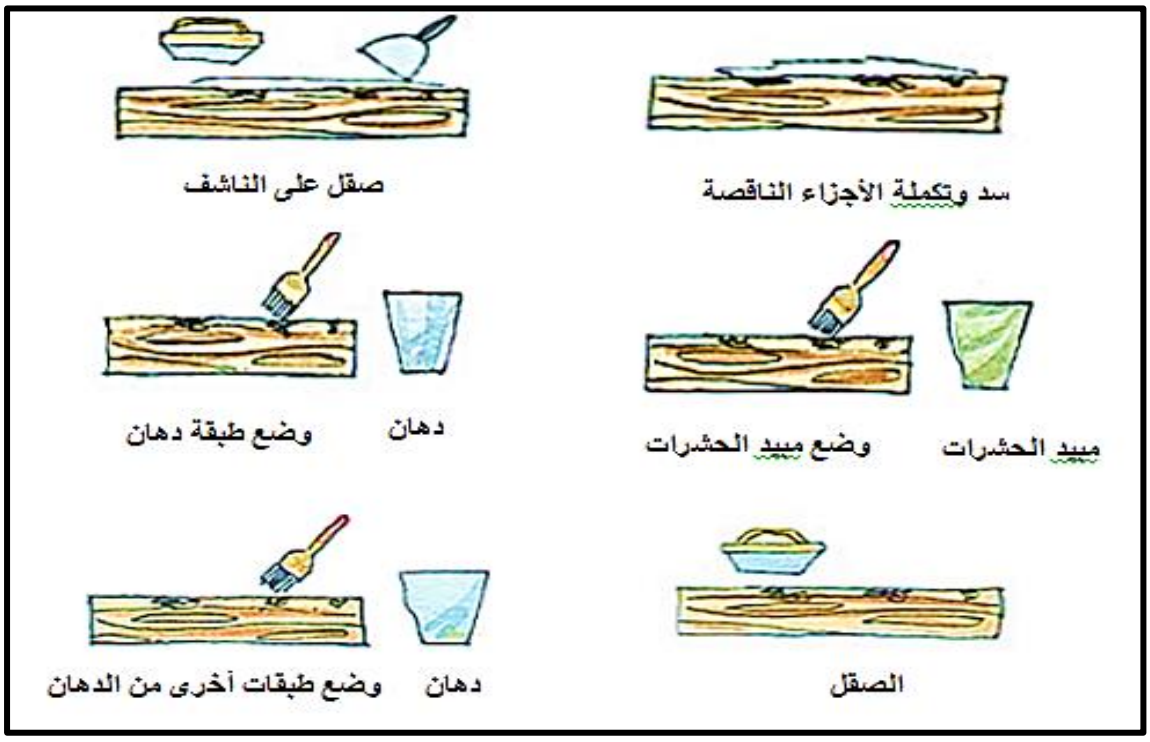
[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص 13-14

ب - خشب بحالة سيئة

1- تحضير الخشب في هذه الحالة يحف الخشب وتزال الأقسام التالفة منه ومن ثم يغسل يجب تنظيف الخشب وتزال الأقسام التالفة منه ومن ثم يغسل يجب تنظيف الخشب بكامله وسد الفجوات وتكسير جميع الأجزاء الناقصة.

2- معالجة الخشب بمبيد للحشرات .

3- عملية الطلاء: يتم الطلاء على ثلاث طبقات وتوضع الطبقة الأولى بواسطة الفرشاة وحين تجف، تجف بواسطة ورق الزجاج توضع الطبقة التالية وتحف وبلطف وأخيرا توضع الطبقة النهائية . [1] شكل رقم (156) معالجة الخشب ذو الحالة السيئة .



شكل رقم (156) معالجة وحماية الخشب الذي يكون بحالة سيئة
عن مشروع العمارة التقليدية

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص14

عاشرا- معالجة الخشب من الفطريات

- من حيث مبادئ المحافظة على مواد البناء الأصلية، يفضل ترميم الخشب قدر المستطاع بدلا من استبداله.

- للقيام بعملية الإصلاح يجب البدء بإزالة سبب تبدل الخشب في حالة التشوه الإنشائي، يجب البدء بحل المشكلة الإنشائية قبل القيام بإصلاح الخشب المتلف.

في حالة تعرض الخشب لهجوم الفطريات والحشرات يجب:

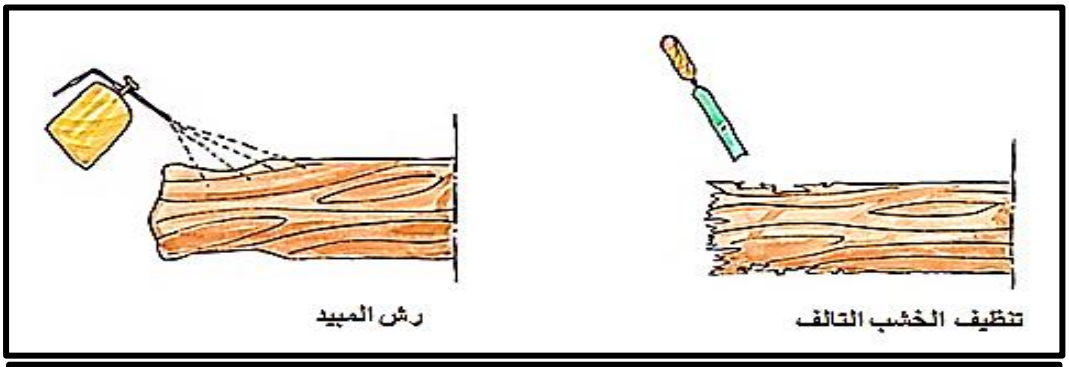
1- التأكد من تصريف الماء عن الخشب، وبذبك نكون قدر أزلنا واحدا من أهم أسباب نمو الطفيليات.

2- إزالة الخشب المتلف في مكانه حتى الوصول إلى الخشب السليم ومن ثم تنظيفه على الناشف وإزالة الغبار عنه

3- معالجة الخشب بواسطة رش مبيدات للحشرات ومبيدات للفطريات داخل الثقوب المحدثة من قبل الحشرات.

4- معالجة سطح الخشب بالكامل "بالكريوزيوت" أو " كلورور الزنك" أو "سلفات النحاس" بهدف تحسين مقاومته للحشرات والفطريات.

ملاحظة: تستخدم هذه التقنية في حالة تعرض الخشب لضرر سطحي، وإلا يجب استبدال الخشب وجمعه مع القطع الموجودة بواسطة تقنيات تجميع وربط الخشب التقليدي والتي يمكن أن تقوى إذا دعت الحاجة بواسطة كلابات من الفولاذ المقاوم للصدأ. [1] شكل رقم (157) معالجة تلف الخشب بسبب الفطريات .



شكل رقم (157) معالجة تلف الخشب بسبب الحشرات والفطريات
عن مشروع العمارة التقليدية

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص15

إحدى عشر ـ معالجة مجموعة من الجسور الخشبية عند مستوى الجدار

من بعد تشخيص المشاكل التي طرأت على الغلاف (تغطية السقف)، ننصح بما يلي:

1- قبل ترميم الجسور الخشبية، يجب إبعاد الماء عن الخشب وتهوية المكان الموجودة فيه للقضاء على سبب نمو الكائنات المجهرية التي تساهم في تضرر الخشب.

2- التأكد بعد مراجعة خبير من الأبعاد الجيدة لمقاطع الجسور الحديدة والعمود الذي سيتم وضعه.

3- يجب تدعيم كامل السقف .

4- يجب إزالة الخشب المتضرر حتى الوصول إلى الخشب السليم .

5- الجسور الخشبية الصغيرة المتضررة عند طرفها تخسر فعليا نقاط ارتكازها لذلك، يمكن التعويض عن هذه النقاط بوضع جسر حديد بمحاذاة الجدار تحت الجسور الخشبية وعلى طوله بالكامل.

6- يجب صب ركيزة من الملاط الصلب عند طرفي الجسر الحديدي وذلك داخل الجدران العمودية على الجدار الحامل للجسور الخشبية، يجب أن تكون أبعاد هذه الركائز كافية لتوزيع الثقل المحمول بالجسر الحديدي إلى الجدران العمودية.

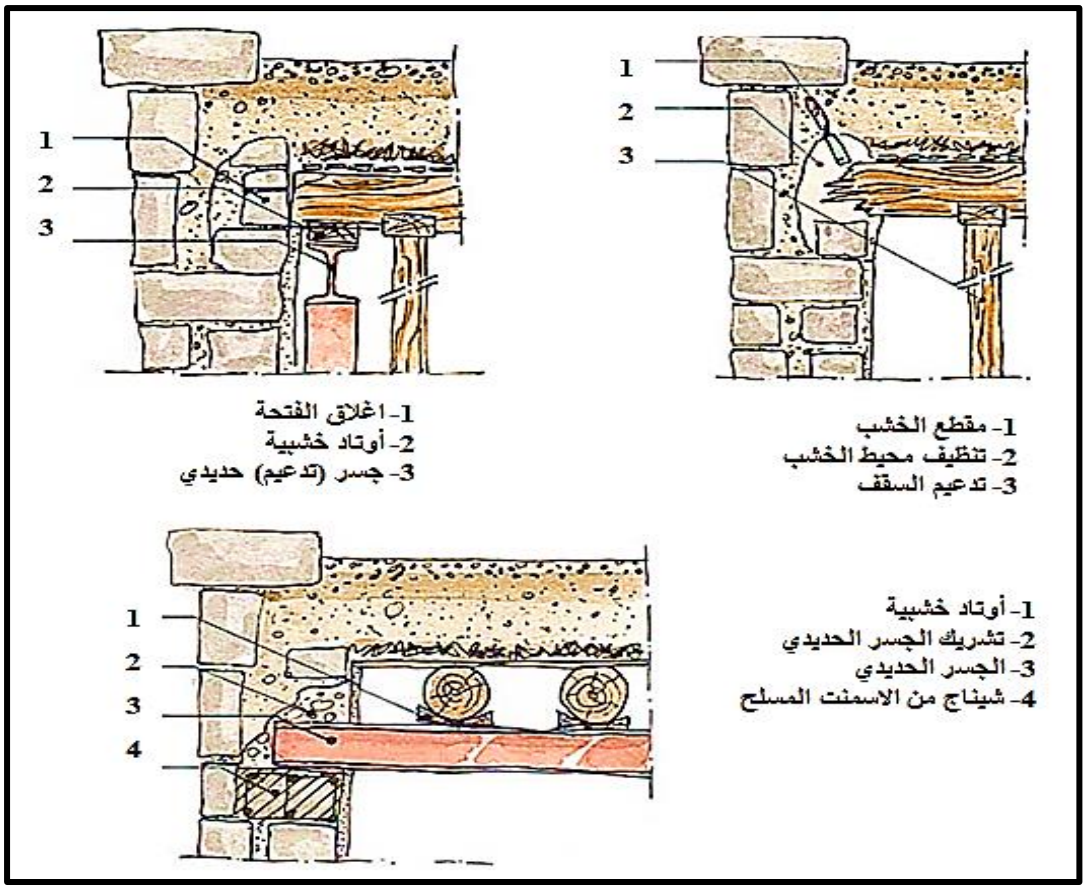
7- يجب تشريك أطراف الجسر الحديدي على ركائز الباطون المصبوبة داخل الجدران العمودية، ويجب أن يطلى هذا الجسر بعدة طبقات من الدهان المضاد للصدأ.

8- إذا كانت المسافة بين الجدران الحاملة للجسور المعدنية طويلة، يمكن وضع عمود في منتصف هذه المسافة ويرتكز العمود على أساس يوضع تحته بهدف توزيع الثقل على الأرض.

9- يجب تثبيت قطعا خشبية (أسافين أو أوتاد) بين الجسر الحديدي والجسور الخشبية لتسهيل نقل الأثقال التي تحملها إلى الجسر الحديد.

10- فك التدعيم الأولي للسقف تدريجيا. [1] شكل رقم (158) معالجة مجموعة من الجسور الخشبية على مستوى الجدار .

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص20



شكل رقم (158) معالجة مجموعة من الجسور الخشبية عند مستوى الجدار عن مشروع العمارة التقليدية

اثنتا عشر - معالجة الجسر الخشبي عند مستوى الجدار

من بعد تشخيص التغيرات التي تطرأ على الغلاف (تغطية السقف). يمكن القيام بعلاج موضعي وفقا للمراحل التالية:

1- أمن الحماية ضد النشء (الماء المتسرب) من السطح وعلى مستوى تشريك الجسر الخشبي بالجدار .

2- دعم الجسر المتلف عند الجدار الحامل .

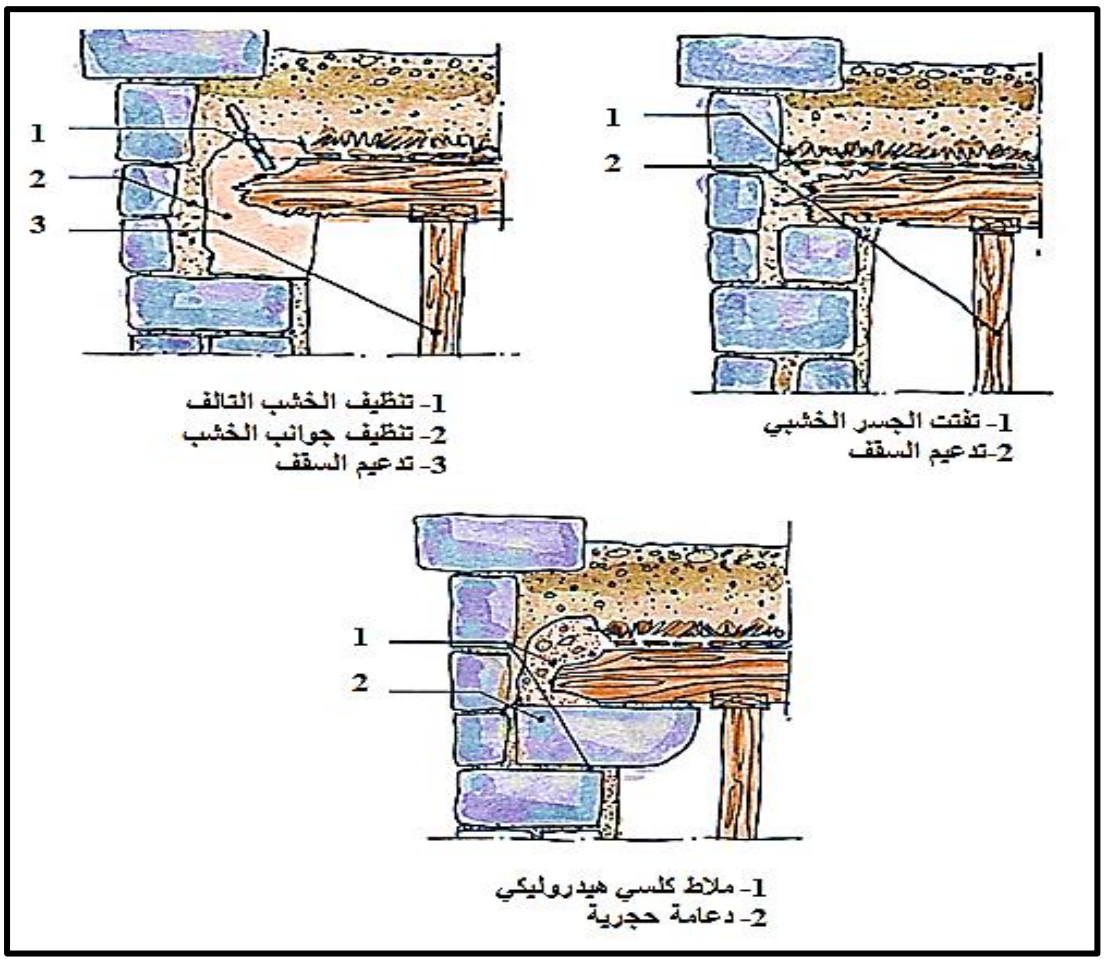
3- أخرج الأحجار بحذر حول نقطة تشريك الجسر بالجدار وكذلك الحجر الموجود أسفله.[1]

4- أزل الخشب المتلف حتى الوصول إلى الخشب السليم ثم نظف الغبار عن الأطراف

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص22

5- أدمج زفر حجري أو دعامة حجرية في بنية الجدار تحت الجسر الخشبي يعمل هذا الزفر كدعامة جديدة لذلك يجب أن يتجاوز طوله القسم المتلف من الجسر الخشبي.

6- فك التدعيم الأولى تباعا بعد الترميم.[1] شكل رقم (159) معالجة الجسر الخشبي عند مستوى الجدار .



شكل رقم (159) معالجة الجسر الخشبي عند مستوى الجدار
عن مشروع العمارة التقليدية

طريقة أخرى

يمكن استبدال الطرف المتلف من الجسر الخشبي بقطعة من الخشب ويتم التوصيل باستخدام الخشب وعلى مسافة كافية من الجدار ويقوى بواسطة مبسطات من الحديد تربط القطعتين الخشبيتين ببراغي متينة هذه الطريقة تناسب حالة الجسور الخشبية ذات المقاطع المستطيلة.[2]

[1] - مشروع العمارة التقليدية ، المرجع السابق ، ص25
[2] - نفسه ، ص 26

ثلاثة عشر- طرق علاج الأخشاب المشبعة بالماء

عندما تبقى الاخشاب مطمورة لمدة طويلة في تربة مائية ، فإن السليلوز المكون لجدران الخلايا يتعرض لتحلل بيولوجي يؤدي إلى تآكل الاخشاب بشكل خطر ، وعند استخراجها وتركها تجف في الهواء فإن الماء المتغلغل داخل الخلايا يتبخر وتنكمش الأخشاب ووتقوس بدرجة كبيرة ، لذلك يجب لف الأخشاب بمجرد استخراجها في البولي إثيلين أو النايلون وإرسالها للمعامل لعلاجها وصيانتها ، وتتوقف حالة الأخشاب المطمورة في تربة مائية على عدة عوامل أهمها :

1- المدة التي بقيت فيها الأخشاب مطمورة في التربة والماء .

2- تركيب التربة ودرجة حموضتها وكمية الأملاح بها .

3- نوعية الأخشاب وما يتبع ذلك من خواص طبيعية .

4- حركة مياه الرشح طوال المدة التي بقيت فيها الأخشاب مطمورة في التربة .

5- أنواع البكتيريا أو الفطريات التي أصابت الأخشاب عند الدفن .

يتم علاج الأخشاب المشبعة على مبدأ احلال الماء الموجود في الخلايا والمسام بمواد تجف بالأخشاب وتمنع الخلايا من الانهيار عند استخلاص الماء منها ، أو بالاعتماد على مبدأ تقوية الألياف الخشبية بالدرجة التي تجعلها تقاوم الانهيار عند تبخر المياه منها [1]، ومن أهم هذه الطرق نجد ما يلي :

أ- طريقة الكحول ، الإيثر ، اللدائن

تعتمد هذه الطريقة على استبدال الماء المتغلغل في المسام بالكحول ثم الإيثر ، وأخيرا بمحلول اللدائن التي تقوي جدران الخلايا وتمنع انكماشها وانهيارها بعد استخراج الماء منها، وتتم باتباع أحد الأسلوبين الآتيين :

[1] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 281 .

- أسلوب كرامر

- توضع الأخشاب في محلول نشادري من فوق أكسيد الهيدروجين 5 % لمدة أسبوع للتخلص من اللون الأسود الذي يكسوها نتيجة لتكون التانينات والراتينجات على السطح أثناء وجود الأخشاب في التربة [1].

- تغمر الأخشاب بعد ذلك في حمامات متتالية من الكحول 96 % حتى يتم استبدال الماء الموجود في الخلايا بالكحول ، وقد تستغرق هذه العملية عدة أسابيع .

- يغمر الخشب في حمامات متتالية من الإيثر الجاف حتى يتم استبدال الكحول بالإيثر .

- تغمر الأخشاب بعد آخر حمام من الإيثر في محلول من الإيثر وراتينج الدامار ، ويفضل أن يتم ذلك في جو مفرغ من الهواء لضمان نفاذ محلول الراتنج إلى داخل الخلايا ، وتترك الأخشاب لتجف فيتبخر الإيثر ويبقى راتينج الدامار داخل الخلايا فيقويها ويمنع انكماشها [2] .

- أسلوب كريستنسن

- توضع الأخشاب في كحول إثيلي 95 % ، بحيث يكون حجم الكحول خمسة أضعاف حجم الأخشاب ، وذلك لمدة يومين على الأقل ، وقد تتكرر هذه العملية عدة مرات .

- تغمر الأخشاب بعد رفعها من الكحول مباشرة في إيثر جاف لمدة يومين ، وقد تتكرر هذه العملية عدة مرات .

- تترك الأخشاب حتى يتبخر الإيثر تبخرا طبيعيا في الجو العادي .

- نغمر الأخشاب في محلول 3 % من خلات الفنيل المبلمرة في البنزين النقي لفترة قصيرة .

- بعد الجفاف توضع الأخشاب في محلول 10 % من راتينج الدامار في الإيثر البترولي (درجة غليانه 80 – 100°م) .

وتتبع هذه الطريقة في حال الكتل الخشبية الصغيرة الحجم ذات القيمة الأثرية العالية ، والتي يمكن علاجها بالمحاليل في أواني صغيرة [3].

[1] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 281 .
[2] - نفسه ، ص 281 .
[3] - نفسه ، ص 282

ب- علاج الأخشاب بمحلول مائي من مادة البولي إثيلين جليكول Carbowax 4000

البولي إثيلين جليكول من المركبات المبلمرة الصناعية ، التي تختلف أوزانها الجزيئية حسب درجة البلمرة (n) ، فإذا كانت قيمتها صغيرة كانت هذه المواد سائلة ، أما إذا كانت قيمتها متوسطة فيكون قوامها كالفازلين ، والمركبات التي تكون قيمة (n) فيها من 35 فأكثر فتكون شمعية المظهر ، ويكون لها نفس الخواص الطبيعية للشموع ، إلا أنها تتميز عنها بأنها سهلة الذوبان في الماء وذلك عكس الشموع التي لا تذوب في الماء ، والنوع الذي يستعمل في علاج الأخشاب هو البولي إثيلين جليكول و وزنه الجزيئي 4000 على شكل محلول مائي درجة تركيزه 20 % ، ويتلخص مبدأ هذه الطريقة في الخطوات التالية :

- تعالج الأخشاب بمحلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك ، وذلك لإذابة جالات الحديد ، وتانات الحديد ، وأملاح الحديد الأخرى ، وكذلك الأحماض الراتينجية ، وتنتج كل هذه المواد عن تحلل الأخشاب وتتسبب في تحول لونها إلى اللون البني الغامق أو الأسود .

- تغمر الأخشاب بعد ذلك في الأسيتون لإذابة الأحماض الراتينجية الناتجة عن تميؤ أملاحها المترسبة على سطح الخشب وفي مسامه ، وكذلك لإحلال الأسيتون محل الماء المتغلغل في الخلايا والمسام .

- تغمر الأخشاب في محلول مائي من البولي إثيلين جليكول لمدة طويلة حتى تمتص الأخشاب الكمية اللازمة لملء الفراغات [1].

ويعطي العلاج بهذه الطريقة نجاحا ظاهريا لكنه في الواقع لا يحمي الأخشاب تماما من الإنكماش بعد الجفاف ، وكلما كانت الأخشاب رقيقة كانت فرص النجاح أوفر .

ج- علاج الأخشاب بالقلفونية الذائبة في الأسيتون

- تغمر الأخشاب في محلول حمض الهيدروكلوريك 3.5 % بالوزن (1: 9 بالحجم) لمدة أربعة أيام ، ثم تغسل بالماء الجاري لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة أيام لإزالة آثار حمض الهيدروكلوريك .

- تغمر الأخشاب في الأسيتون لمدة أربعة أيام ، مع تغييره مرتين وتترك الأخشاب مغمورة في كل مرة مدة أربعة أيام ، ويستمر الغمر حتى تصل نسبة الماء في الأخشاب إلى 0.1 % .

[1] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 282

- يحضر محلول مركز من القلفونية في الأسيتون بنسبة 67% ثم تغمر فيه الأخشاب لمدة أربعة أسابيع .

- ترفع الأخشاب من محلول القلفونية وتترك في وضع مائل حتى يتسرب المحلول الزائد عن الحاجة ، ثم تغسل أسطح الأخشاب بالأسيتون وتترك لتجف في الهواء ، وقد تحتاج هذه العملية إلى أسبوع من الزمن [1].

يتم استعمال هذه الطريقة مع القطع الخشبية الصغيرة ، لأن الأخشاب الكبيرة ستحتاج إلى كميات كبيرة من هذه المحاليل وهذا ما يرفع كلفة المعالجة والترميم .

د- طريقة أريجال س

تعتبر الأريجال س من راتينجات الفورمالدهيد ميلامين .

- تغسل الأخشاب بالماء لإزالة الأحماض والمركبات الأخرى التي تنتج عن تحللها .

- تغمر الأخشاب في محلول 25% من راتينج الميلامين فورمالدهيد وتترك به حتى تتشبع تماما ، ويحل المحلول محل الماء الموجود في الخلايا والمسام ، وقد تستغرق هذه العملية عدة أسابيع بحسب حجم الأخشاب .

- ترفع الأخشاب من محلول الميلامين فورمالدهيد ، ويضاف إليه المجمد (كلوريد الأمونيوم) ، ثم يعاد وضع الأخشاب في المحلول مع رفعه قبل تجمده .

- تترك الأخشاب في وضع مائل حتى يتجمد الراتينج ، وقد تصل مدة تجمده إلى 40 ساعة [2].

أثبتت إختبارات الصلاحية التي أجريت على الأخشاب المعالجة أن هذه الطريقة لا تمنع تماما انكماش الأخشاب بعد جفافها ، غير أن العلاج على مراحل ، أي تشبيع الأخشاب بالراتينج ثم تركها ليتجمد الراتينج في جو متناقص الرطوبة النسبية بعد كل تجمد إلى أن تصل إلى درجة الرطوبة النسبية العادية ، يساعد كثيرا على حفظ الشكل العام لها وعدم انكماشها كثيرا [3].

وبالنظر لصعوبة العلاج بهذه الطريقة والوقت الكبير الذي تستغرقه ، وتسببها في غمقان لون الخشب ، وعدم عكسية العلاج ، فإنه يفضل عدم استعمالها .

---

[1] - عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 283

[2] - نفسه ، ص283 -284 .

[3] - نفسه ، ص 284

4 ـ الخلاصة

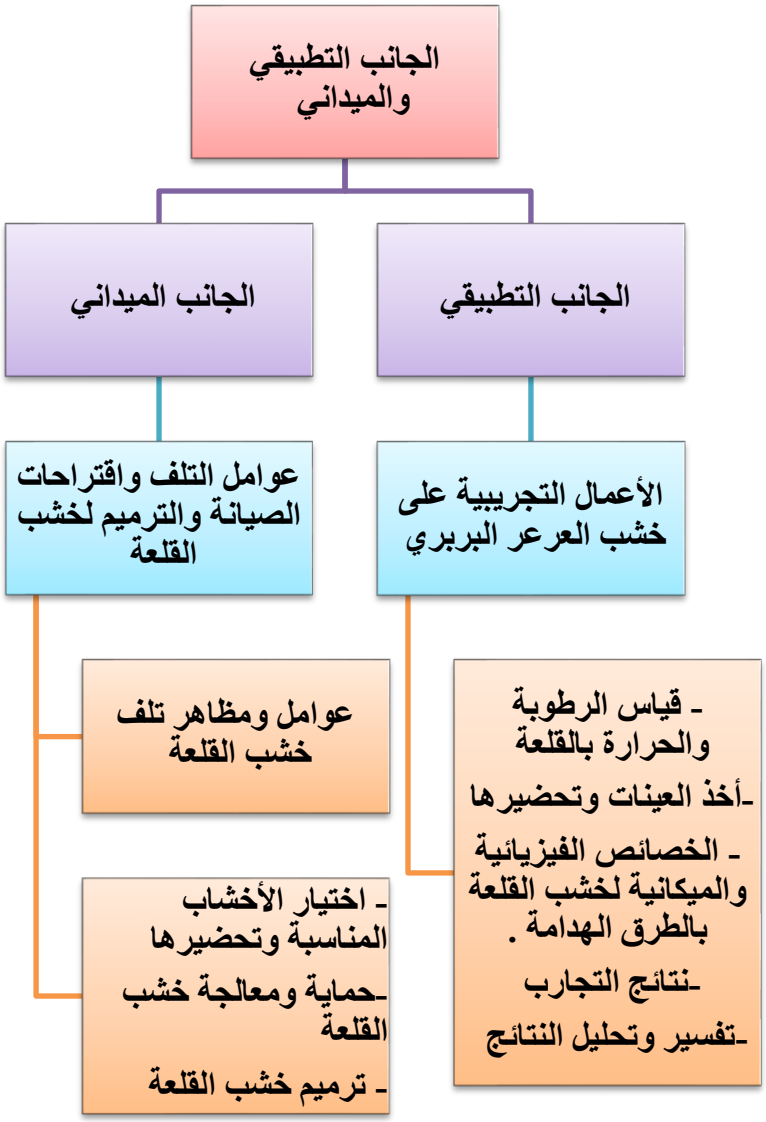
ينتج تلف الخشب عن تظافر مجموعة من العوامل الداخلية والخارجية ، والتي تعمل على احداث تغيرات فيزيائية وكيميائية وميكانيكية ، كالتغير في اللون وفقدان التماسك والهشاشة ، وظهور الشقوق والتصدعات والاعوجاج والانحناء ، وقد تصل إلى الفقدان التام للمادة الخشبية بفعل عمليات التحلل التي تتشارك فيها كل من : الرطوبة ، الأشعة الضوئية والكائنات المجهرية ، التي تعتبر الخشب من المواد التي تتغذى بها ، وتتعرض الأخشاب الخارجية لدرجة أكبر من التلف بالمقارنة مع الأخشاب المحمية أو الموجودة في الداخل ، كما تلعب نوعية الخشب وخصائصه دورا في مقاومة التلف ، اضافة إلى أنواع المواد المستعملة في الحماية حيث توفر المواد الحديثة حماية فعالة للخشب ، ولكن من أجل الحفاظ على أصالة وتاريخ المواد الخشبية من الأفضل استعمال المواد التقليدية بالرغم من محدودية الحماية التي توفرها ، حيث ينبغي تكرار العملية مرة على مرة .

الجانب التطبيقي

الجانب التطبيقي

الهدف من دراسة هذا الجانب هو معرفة خصائص خشب العرعر البربري المستعمل في بناء قلعة الجزائر وعلاقتها بعوامل ومظاهر التلف ، إضافة إلى تشخيص عوامل ومظاهر التلف في خشب القلعة وأهم العوامل التي تؤثر على القلعة و نتائجها على حالة حفظ الخشب ، ومعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري ، مع اقتراح طرق ومواد لصيانة وترميم خشب القلعة واستبداله .

الهيكل التنظيمي للجانب التطبيقي والميداني



الفصل الرابع:

عوامل التلف، الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة

الفصل الرابع: عوامل التلف ،الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة و الترميم لخشب القلعة

المحور الأول : عوامل و مظاهر تلف خشب القلعة

المحور الثاني : الأعمال التجريبية لخشب القلعة

المحور الثالث : اقتراحات الصيانة و الترميم لخشب القلعة

المحور الأول : عوامل ومظاهر تلف الخشب في القلعة

الفصل الرابع : عوامل التلف ، الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم

المحور الأول :عوامل ومظاهر تلف خشب القلعة

تمهيد

1- عوامل التلف المؤثرة على خشب القلعة

1.1- عوامل التلف الداخلية

2.1- عوامل التلف الخارجية

2 - الخلاصة

تمهيد

يتأثر الخشب بالكثير من عوامل التلف التي تؤدي إلى اضعافه والتأثير على خواصه المختلفة ويمكن أن تتسبب حتى في اندثاره كلية ، ويوجد الخشب المستعمل في قلعة الجزائر في حالة حفظ مختلفة بحسب المكان المستعمل فيه، ويعاني أساسا من الرطوبة والعامل البيولوجي ، ومن أجل الترميم الجيد له ينبغي علينا أن نقوم بتشخيص دقيق لحالته وللعوامل المسببة في تلفه .

1- عوامل التلف المؤثرة على خشب القلعة

تعرضت قلعة الجزائر للكثير من العوامل والتي أثرت على مختلف المواد المستعملة في بنائها ، ومن بينها مادة الخشب التي تأثرت بهذه العوامل وأدت إلى تدهورا في المادة والمبنى، وتكون هذه العوامل إما داخلية أو خارجية .

1. 1 – عوامل التلف الداخلية

تشمل العوامل الداخلية للتلف تأثير مختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب ، كالكثافة والنوع الذي ينتمي إليه الخشب ، إضافة إلى تأثير مختلف القوى الميكانيكية واتجاه تطبيقها ، لأنه إن لم يتم استعمال الأخشاب باتجاهات مناسبة سيكون هناك تأثير سلبي على المبنى ، زيادة على الأضرار المرتبطة بالأشجار وهي مختلف العيوب التي تتعرض لها أثناء فترة النمو، والتي تؤثر على مختلف خصائص الخشب وتقلل من متانته ومقاومته. شكل رقم (160) مخطط للأضرار المرتبطة بالأشجار

شكل رقم (160) مخطط للأضرار المرتبطة بالأخشاب
عن الباحثة

1.1.1 – الأضرار المرتبطة بالأشجار

تحدث هذه الأضرار أثناء عملية نمو الأشجار أو تكون ناتجة عن التجفيف أو التخزين ، فيمكن أن تنتج انحرافات في النمو الطبيعي للجذع بسبب الرياح أو غيرها ، وتؤدي هذه العيوب بالإخلال بالخصائص الفيزيائية والميكانيكية وبجمال المواد الخشبية.

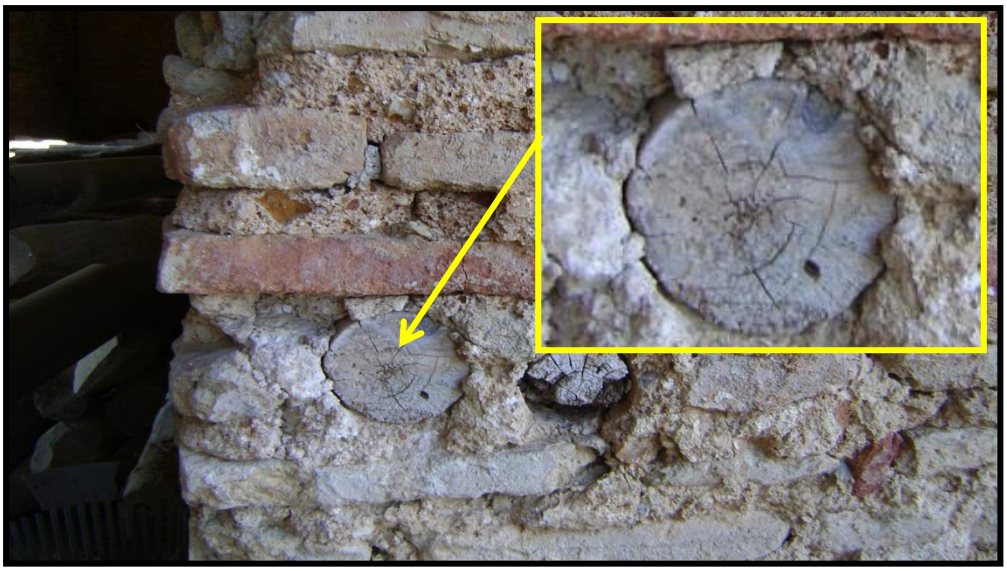
1.1.1.1 - الجيوب الصمغية : هي عبارة عن أكياس مغلقة تتخلل نسيج الخشب تكون مليئة بالمواد الراتنجية [1] توجد هذه الجيوب في الأشجار الراتينجية ومن بينها العرعر البربري والصنوبر ، ولا يمكننا ملاحظة هذا العيب في أخشاب القلعة بحكم أنها تكون داخل الجدران أو في الأسقف والتي تطلى عادة بالجير أو الدهان ، وهذا ما يعيق رؤية هذا العيب ، كما أن طول المدة والتعرض للرطوبة يعمل على تلاشي هذه المادة .

2.1.1.1 – الخشب الميت : لا يمكننا ملاحظة هذا العيب في خشب القلعة إذ يستدعي الأمر معاينة دقيقة للقطع الخشبية المستعملة ، كما أن البناء عادة ما يتفادى استعمال هذه الأخشاب لأنها تكون ضعيفة وهشة وغير صالحة لتحمل الحمولات أثناء عملية البناء ، ولكن على العموم فالأخشاب التي تكون من أشجار العرعر البربري تكون جيدة ومتينة ، ولكن التي تكون من الصنوبر فيمكن أن توجد بها هذه العيوب .

3.1.1.1- العفن المبكر : تعرف الأخشاب الراتينجية ومن بينها العرعر البربري أنه من الأشجار المقاومة للأمراض والتعفنات التي تنشأ عند النمو بحكم المواد الراتينجية التي يمتلكها ، والتي تعمل على مقاومة مختلف أنواع الفطريات ، ولكن رغم ذلك هذا لا ينف تطور بعض الفطريات والحشرات عليها ، والتي تكون ناتجة عن عدم التخزين الجيد وارتفاع نسبة الرطوبة ، ولا يمكننا الجزم بوجود هذه العيب أثناء استخدام الأخشاب .

4.1.1.1 – التشققات : يعتبر خشب العرعر البربري مستقر من حيث الأبعاد إذ لا يتعرض لتشققات كثيرة ، ولكن رغم ذلك نجد بعض التشققات فيه نتيجة تعرضه للعوامل الجوية ، وقد تم استعمال أخشاب في بناء قلعة الجزائر تحتوي شقوقا نجمية في بنيتها . الشكل رقم (161) صورة عن الشقوق النجمية في خشب القلعة

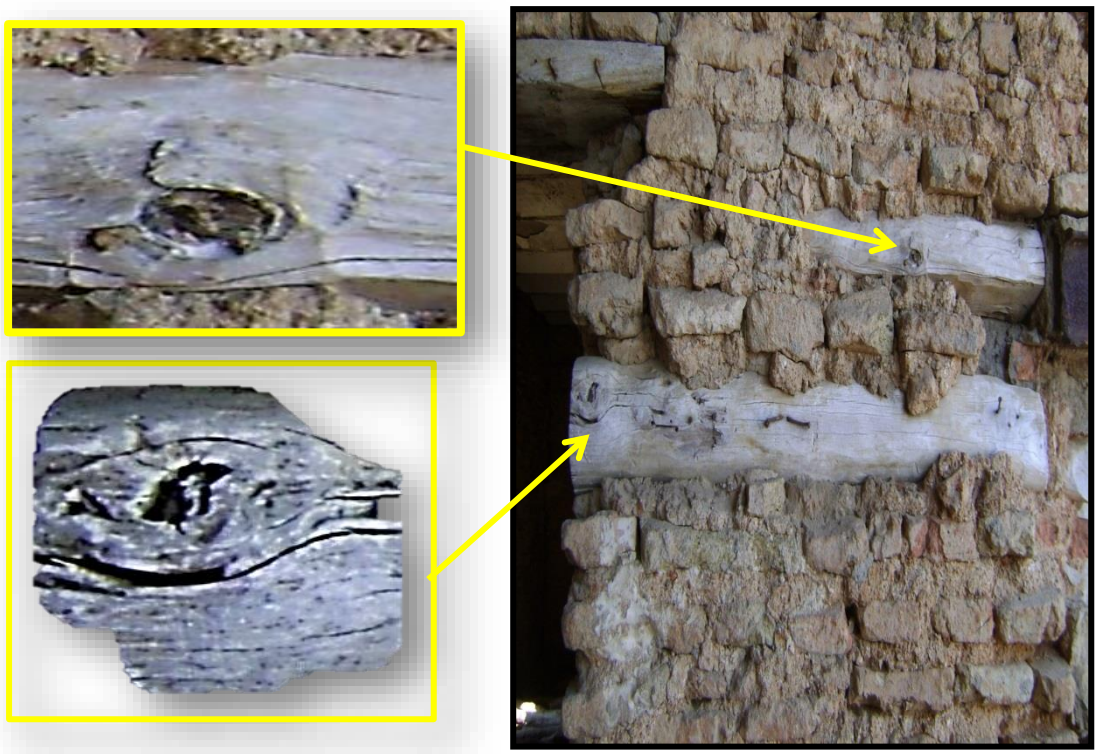
[1] -إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة التحف الخشبية ، ص 84 .



شكل رقم(161) صورة لشقوق نجمية بخشب القلعة
عن الباحثة

5.1.1.1- العقد : هي نقط التقاء الفروع بالساق الرئيسي للشجرة ، تحتوي الأخشاب المستعملة في القلعة سواء في التسقيف أو البناء ، أو التي استعملت في الترميم على العقد داخلها وهذا الذي يضعف من مقاومتها ، كما تعد وسيلة يدخل منها الماء الذي يعمل على احداث أضرار على الهيكل الخشبي . الشكل رقم (162أ،ب) صورة للعقد في المخابئ وقصر البايات ، و الشكل رقم (163) صورة للعقد بالخشب في جدران مراحيض البطارية الثانية .

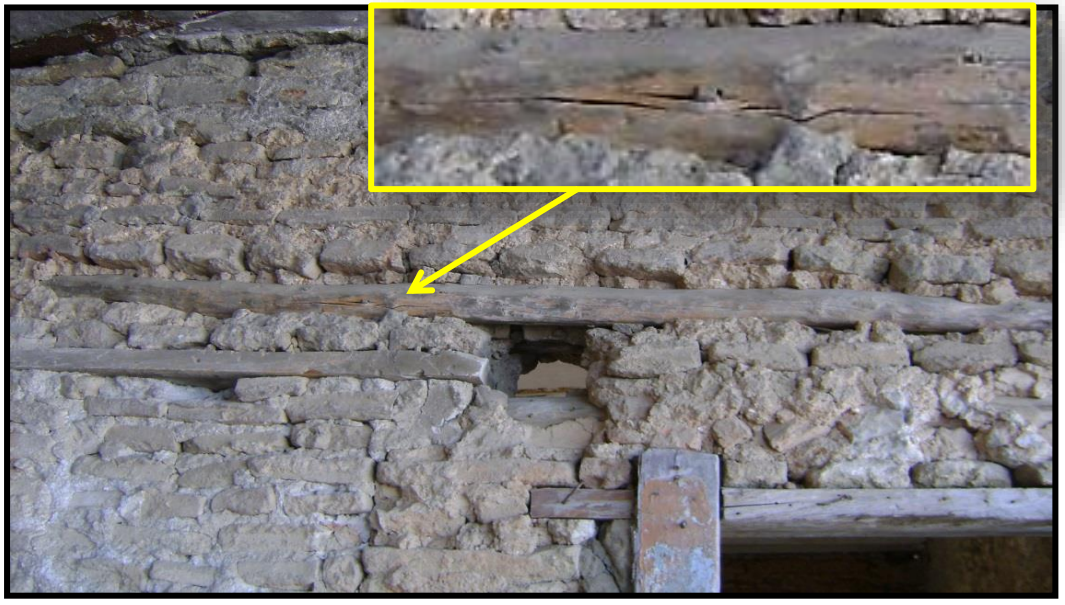
أ. العقد في خشب التسقيف بالمخابئ ب. العقد في خشب السقف في قصر البايات
شكل رقم(162 أ،ب) صورة للعقد الموجودة بالخشب المستعمل للترميم في القلعة
عن الباحثة



شكل رقم(163) صورة للعقد بالخشب في جدران المراحيض بالبطارية الثانية .
عن الباحثة

6.1.1.1- الشروخ : وهي شروخ في اتجاه الطولي للجذع عمودية على الحلقات السنوية ، وتكون داخل الكتلة الخشبية ، وتسبب ضعف مقاومة الخشب ، وتكون إما طولية أو عميقة وعند معاينة الأخشاب الموجودة في القلعة فإننا نجد قطعا تحمل تشققات طولية ، منها ما هو مستعمل في الجدران ومنها ما كان في الأسقف وتمت إزالتها في أثناء عملية الترميم .والشكل رقم (164أ ،ب) صورة لشروخ طولية.

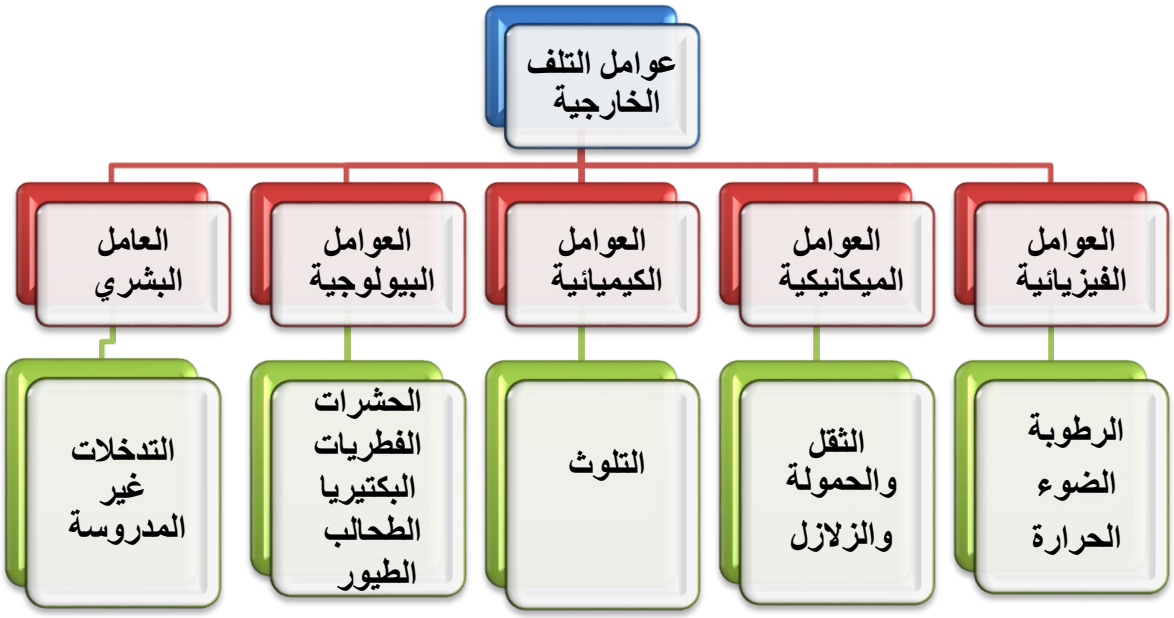
شكل رقم(164 أ) صورة لشرخ طولي بخشب العوارض في قصر الداي
عن الباحثة



شكل رقم(164 ب) صورة لشرخ طولي بخشب الجدران في البطارية الثانية
عن الباحثة

2.1 – عوامل التلف الخارجية

إن الأسباب الرئيسية في تلف المواد الخشبية تكون ذات منشأ طبيعي فيزيائي كالرطوبة التي تعد العامل الأساسي في تلف الخشب ، كما تحفز العوامل الأخرى إضافة على الحرارة والضوء ، كما نجد العوامل الميكانيكية والمتمثلة أساسا في الثقل الزائد والذي له علاقة طبعا مع الرطوبة ، والاهتزازات الناتجة عن الزلازل والتي يكون لها تأثير غير مباشر على الخشب ، كما نجد العوامل الكيميائية والتي تتمثل بشكل رئيسي في التلوث وأثره في تشكيل الأحماض ،ونجد عوامل مرتبطة بالتلف البيولوجي أو البشري والتي لها فعلها المهدم على المواد الخشبية . والشكل رقم (165) مخطط لعوامل التلف الخارجية للخشب



شكل رقم(165) مخطط عوامل التلف الخارجية للخشب .
عن الباحثة

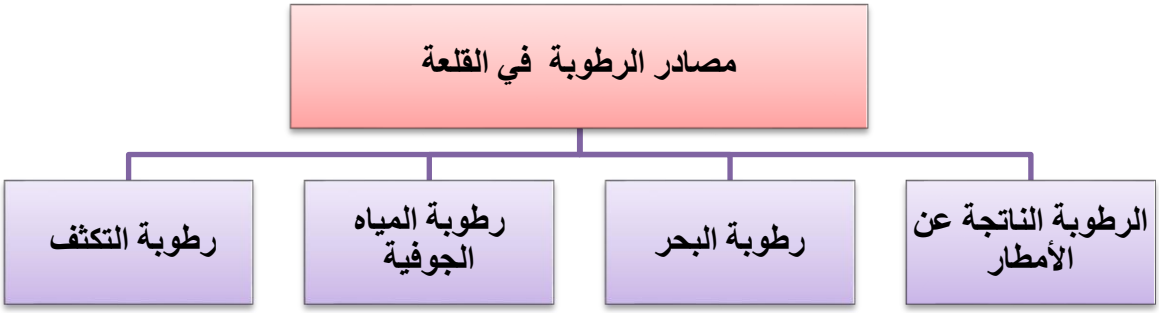
1.2.1 – العوامل الفيزيائية

تؤثر هذه العوامل على : قوة ومتانة الخشب ، مدى تحمله للأحمال المختلفة ، المظهر الخارجي للخشب ، و تشمل كل من : الرطوبة ، الضوء و الحرارة . والشكل رقم (166) مخطط عوامل التلف الفيزيائية

شكل رقم(166) مخطط عوامل التلف الفيزيائية
عن الباحثة

1.1.2.1 - الرطوبة

تعتبر الرطوبة على اختلاف مصادرها من أخطر عوامل التلف التي ينتج عن وجودها أضرارا بالغة على مواد البناء ، وعلى مادة الخشب بصفة خاصة كما أنها تحفز العوامل الأخرى وخاصة العامل البيولوجي ، وللرطوبة في القلعة مصادر كثيرة فتكون نتيجة للأمطار، أو المياه الجوفية، ناتجة عن البحر ، الخاصية الشعرية. الشكل رقم (167) مخطط لمصادر الرطوبة في القلعة



شكل رقم(167) مخطط لمصادر الرطوبة
عن الباحثة

أولا ـ الرطوبة الناتجة عن الأمطار: تتساقط على مدينة الجزائر كميات معتبرة من الأمطار تكون أغلبها بين أكتوبر و مارس ، إذ وصلت إلى 808 ملم [1]في 1996 وانخفضت إلى 304 ملم سنة 2000 [2] ، وتحدث هذه الأمطار أضرارا على الأخشاب المستعملة في القلعة خاصة الموجودة كأسقف في الطوابق العلوية من المباني ، إذ بفعل اهتراء الأسقف ووجود تسربات بها إضافة إلى غزارة الأمطار أحيانا وتواصل هطولها ليلا ونهارا ، فيؤدي ذلك حتما إلى تأثر الأخشاب بانتفاخها وزيادة نمو الفطريات عليها نتيجة لتحلل المكونات كالسليلوز والهميسليلوز ، وبالتالي اضعاف بنية الخشب ، كما تتأثر الأخشاب الموجودة داخل الجدران كعناصر دعم ، نتيجة مصاحبة الرياح للأمطار مما يجعلها تهطل بصفة مائلة وتدخل إلى الجدران ، وخاصة الجدران الشمالية والشرقية .

ثانيا ـ رطوبة البحر : بحكم وقوع القلعة في منطقة مشرفة على البحر فإنها تتأثر حتما بهذا العامل ، خاصة في وجود الرياح الشمالية الشرقية التي تهب على المدينة والتي تحمل معها الرطوبة المحملة بالأملاح ، والتي لها تأثير على الخشب بزيادة حجمه كما تؤثر الأملاح على مواد البناء المختلفة .

ثالثا ـرطوبة المياه الجوفية : تحتوي القلعة على بعض القنوات و الآبار والتي تنتقل مياهها بفعل الخاصية الشعرية خلال مسام التربة ومواد البناء ، كما تنتقل في الجدران من الخارج إلى الداخل ، نجد هذه الرطوبة خاصة في الطوابق الأرضية من مباني القلعة مثل قصر الداي ، وقصر البايات ، والتي يمكنها أن تزيد من الرطوبة وتؤدي إلى تلف الأخشاب الموجودة في قواعد الأعمدة وأطر الأبواب والمداخل في الطوابق الأرضية وهذا بفعلها المباشر أو المحفز للعوامل الأخرى .

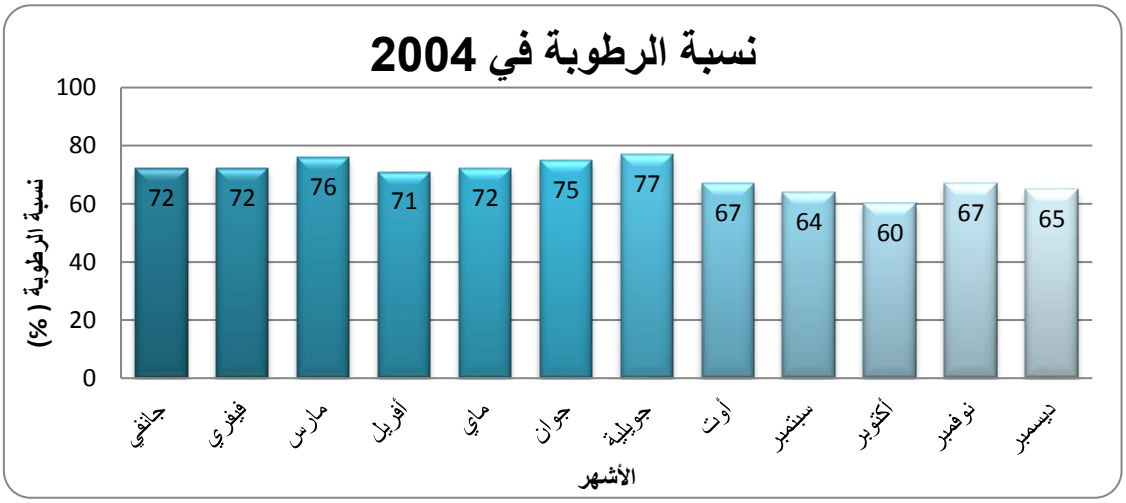
رابعا ـ رطوبة التكثف (بخار الماء) : تكثيف بخار الماء يؤدى لزيادة نسبة الرطوبة، مما يؤدى إلى زيادة معامل التمدد، وتنتج هذه الرطوبة خاصة في الطوابق الأرضية ، كما نجدها في فصل الشتاء نتيجة تشبع الجو بالرطوبة الناتجة عن البحر .

[1]- ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 1996 **, CCN** Alger, 1996 , P 12
[2]-ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2000 **, CCN** Alger, 2000, P 7 .

تأثير الرطوبة على خشب القلعة

- تقع القلعة على ارتفاع 118 م عن البحر الذي يعد مصدرا مهما للرطوبة ، ولا تنخفض نسبة الرطوبة عن 60 % إلا نادرا ، وقد تصل كحد أقصى إلى 100 % خاصة في الأيام التي يكون بها الضباب كثيفا خلال فصل الشتاء ، ولا تكون نسبة الرطوبة مرتفعة في شهر معين دون آخر ، فمثلا في عام 2004 وحسب معطيات الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية فقد تم تسجيل معدل رطوبة 77 % كأقصى حد خلال شهر جويلية ، و 60 % من الرطوبة النسبية كأدنى نسبة في شهر أكتوبر[1] ، وفي عملية قياس الرطوبة والحرارة في القصبة خلال شهر جويلية من عام 2009 ، تم تسجيل نسبة قصوى تعادل 94.8 % من الرطوبة ، والتي سجلت يوم 30 جويلية 2009 على الساعة الثانية والنصف صباحا ، أما عن أدنى درجة فقدرت بـ : 10.6 % وكان ذلك في 23 جويلية 2009 على الساعة الثالثة زوالا، ويرجع ذلك لهبوب الرياح الجنوبية الحارة التي تعمل على نقل المياه المتبخرة من البحر باتجاه الشمال ، وهذا ما يؤدي إلى انخفاض في نسب الرطوبة وإرجاع الجو جاف وخانق .

الشكل رقم (168) أعمدة بيانية لمعدل نسبة الرطوبة خلال سنة 2004 .



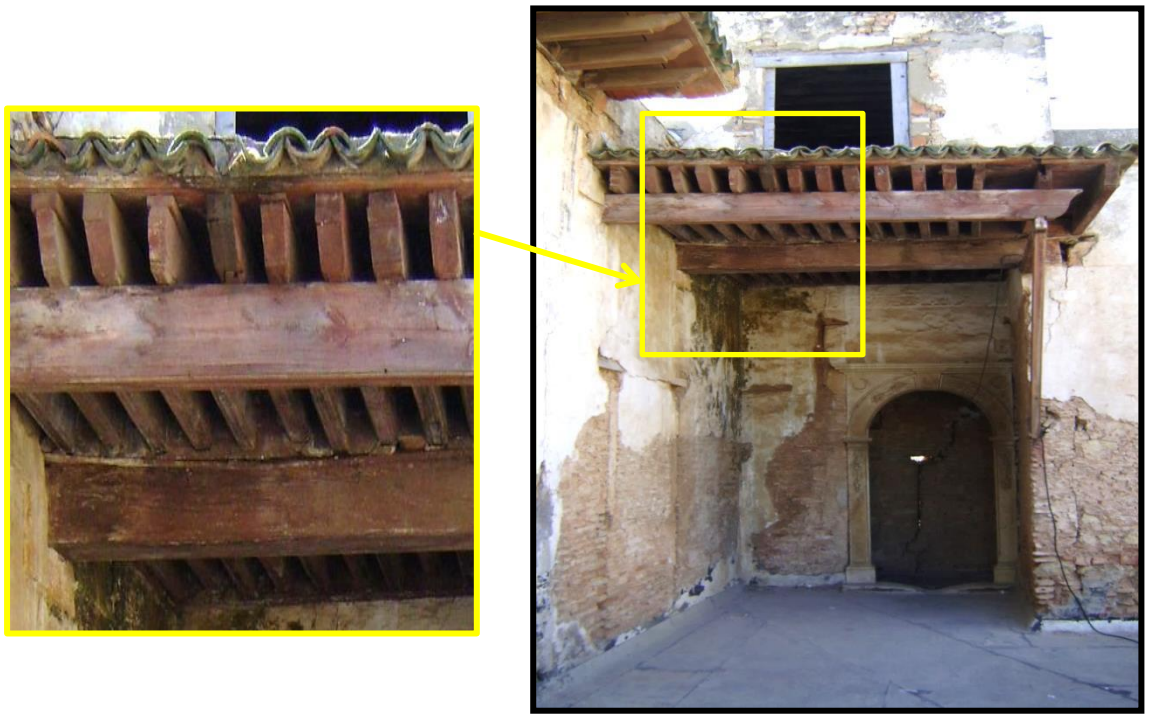
شكل رقم (168) أعمدة بيانية لمعدل نسبة الرطوبة في مدينة الجزائر سنة 2004 .
عن ONM

- وفيما يخص تأثير الرطوبة على خشب القلعة فهي مختلفة ومتنوعة ، إذ نجد مظاهر تلف كثيرة مرتبطة بهذه الظاهرة ، أهمها :

[1] - ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2004 , **CCN** Alger, 2004, p 41 .

- تسبب الانتفاخ، الانكماش، والتشقق .
- حدوث تقوس الخشب إما بتقعره أو تحدبه .
- تشقق وتفكك الطبقة السطحية لألون والدهانات المستخدمة على الخشب .
- تراكم الأتربة والغبار والملوثات على الخشب وتفعيل العامل الكيميائي .
- تؤثر في الخصائص الميكانيكية للخشب.
-تؤثر في قوة تحمل السطح الخارجي للعوامل الخارجية.
-تؤثر على مظهر الخشب الخارجي بتغيير اللون .
-العمل على نمو البكتريا والفطريات.

الأشكال من (169) إلى (171) مظاهر التلف الناتجة عن الرطوبة .



شكل رقم (169) هشاشة الخشب وانتفاخه عن الباحثة

شكل رقم (170) تشقق خشب التدعيم بسبب الرطوبة وحدوث تقعر عن الباحثة

شكل رقم (171) التعفن ونمو الطحالب في خشب القلعة بسب تسرب الأمطار
عن الطالبة

2.1.2.1 – الضوء

يؤثر على المنتجات الخشبية المستخدمة في الأعمال الإنشائية أو الكسوات الخارجية، يقوم بتغيير لون الخشب إلى الرمادي بوجود الماء ، يؤثر في درجة تحمل الخشب للأحمال المختلفة ، يؤدى إلى ضعف الخشب، وخفة وزنه.

تأثير الضوء على خشب القلعة

تعاني أخشاب القلعة الموجودة في الأماكن المعرضة للشمس من الهشاشة والضعف والتغير في اللون ، ونجدها في الكشك في قصر الداي والدرابزين وبعض أطر النوافذ في الجهة الشرقية بحكم تعرضها لفترة طويلة إلى الشمس . والشكل رقم (172) يبين تغير لون الخشب بفعل الضوء (الأشعة الشمسية).

شكل رقم(172) صورة تغير لون الخشب عن الباحثة

3.1.2.1 - الحرارة

إن الاختلاف الكبير في درجات الحرارة أثناء اليوم الواحد يلعب دورا كبيرا في تلف الخشب و سطحه الخارجي المعرض للجو وذلك بإحداث مظاهر تلف مختلفة كالتغير في اللون وحدوث التشققات .

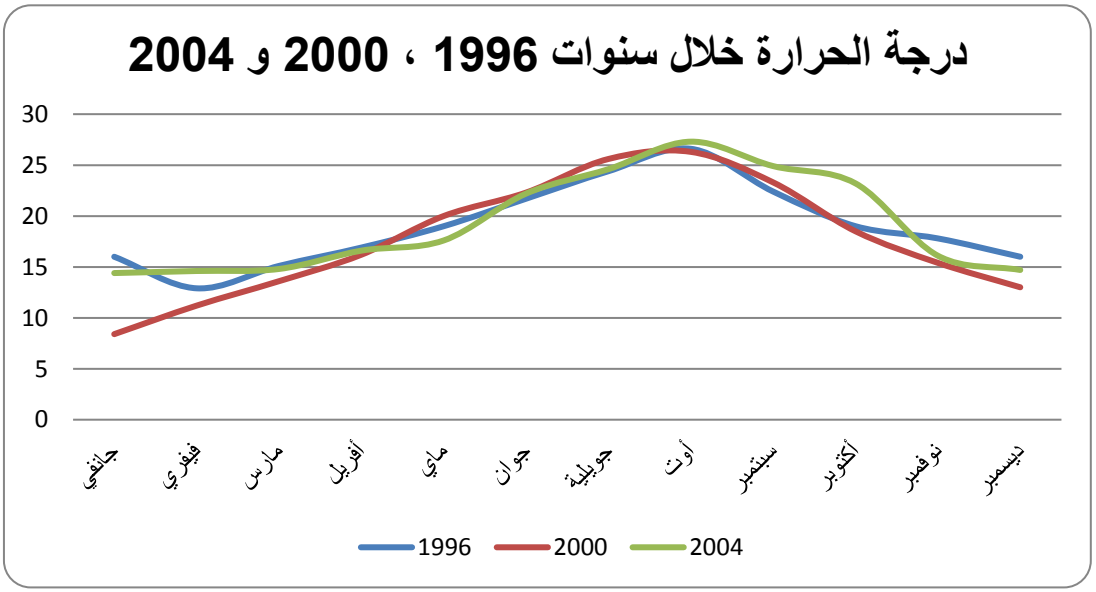
تأثير الحرارة على خشب القلعة

تعد مدينة الجزائر معتدلة فلا هي بالحارة والجافة ولا هي بالباردة ، فالمعدل السنوي لدرجة الحرارة لا يتعدى 20 °م ، وتبلغ أقصى درجات الحرارة خلال شهري جويلية وأوت حيث

سجلنا في شهر جويلية 40.8 °م خلال عام 1996 [1]، و 43.8 °م خلال أوت 2000 [2]، و 38 °م في أوت 2004 [3] ، أما عن أدنى درجة فيمكن أن نسجل 0° م ، وهذا ما يؤثر على الخشب كما يلي :

- الزيادة في عمليات التلف في وجود الضوء وبارتفاع درجة الحرارة فمثلا إذا ارتفعت الحرارة تزداد معدلات العمليات الفيزيائية مثل حركة الماء أو الهواء داخل الخشب .
- انكماش الخشب بسبب فقد الماء بارتفاع درجات الحرارة و جفافه للخشب مما يؤدى إلى تعرضه للضعف والهشاشة و فقد كبير في قوة الخشب .
- زيادة النشاط البيولوجي في الجو الدافئ .
- تغيرات لونية حيث يتحول لون الخشب إلى اللون البني .
- ضعف السطح الخارجي للخشب وتخشنه .
- نقص في الوزن بسبب فقد الماء .

والشكل رقم (173) مخطط لمعدل درجات الحرارة ، والأشكال من (174) إلى (176) صور عن التأثيرات المختلفة للحرارة على الخشب .



شكل رقم(173) مخطط بياني لدرجة الحرارة عن ONM

[1]- ONM, Op Cit (données de base Année 1996) , P 23
[2]- ONM, Op Cit (données de base Année 2000) , P 18 .
[3] - ONM, Op Cit (données de base Année 2004) , P 23 .

شكل رقم(174) تغير لون الخشب بسبب الحرارة عن الباحثة

شكل رقم(175) انكماش الخشب وحدوث تشققات طولية بسبب الحرارة . عن الباحثة

شكل رقم(176) تشققات سطحية في الخشب وتخشنه بسبب الحرارة
عن الباحثة

2.2.1 - العوامل الميكانيكية

1.2.2.1 - الحمولات الميكانيكية

هي الحمولات أو الأوزان الزائدة على المنشآت ، والتي تتركز خاصة في الأسقف والأرضيات ، كما نجدها في الجدران بسبب التعديلات كاستعمال الاسمنت كملاط فوق الجذوع الخشبية المدمجة ، أو طبقات سميكة من الملاط ، أو وجود ثغرات وحفر في الجدران ناتجة عن زوال الآجر والملاط ، إذ تؤدي هذه الحمولات على ممارسة ضغط على الألواح الخشبية الموجودة في التسقيف ما ينتج عنها تشوه وتحدب أو تقعر لهذه الألواح ، ويزداد التشوه إذا كانت الأخشاب مشبعة بالماء ، وقد تصل إلى غاية الانكسار ، كما نجد أيضا شقوقا وانفصالات في الأخشاب الموجودة داخل الجدران . شكل رقم (177) تقعر السقف بسبب الحمولة ، شكل رقم (178) انحناء الخشب لعدم وجود توازن في توزيع الثقل ، شكل رقم (179) انكسار العارضة الخشبية نتيجة الثقل .

شكل رقم(177) تقعر السقف بسبب الحمولة عن الباحثة

شكل رقم(178) انحناء الخشب لعدم توازن الثقل عن الباحثة

شكل رقم(179) انكسار العارضة الخشبية نتيجة الثقل عن الباحثة

2.2.2.1 - الزلازل

تقوم الزلازل بالتأثير على المبنى بقوة أفقية كبيرة واهتزازات عرضية نتيجة تحركات التربة ، مما يؤدي إلى انهيار المبنى في حالة افتقاره للهياكل المقاومة للزلازل [1] ، كما تؤدي غالبا إلى حدوث شقوق وتصدعات على الجدران ، وتأثير الزلازل هو تأثير غير مباشر على الخشب ، إذ يكون التأثير على الجدران وبالتالي حدوث خلل في طبقاتها مما يؤدي إلى تفاوت في توزيع الثقل والذي ينتج عنه انكسار في الأعمدة الموجودة في التسقيف والأخشاب المدمجة في الجدران نتيجة الصدوع والشقوق التي تظهر عند هبوط الأرضيات ، وقد تعرضت مدينة الجزائر لعدة هزات أرضية أدت إلى تصدع العديد من مباني القلعة ، وخاصة زلزال 1717 و 2003 ، ونلاحظ ظاهرة الهبوط في الأرضية خاصة في الواجهة الشمالية والشرقية من قصر الداي ، كما أن أغلب الأسقف في هذه الطوابق نجد بها تشوهات ، وقد تم تدعيمها كإجراء استعجالي لتفادي انهيارها . شكل رقم (180) تأثير الزلزال على المبنى .

[1] - واكد خليل إبراهيم ، أسباب انهيار المباني ، طرق الصيانة والترميم ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، مصر ، 1996 ، ص 82 .

شكل رقم(180) تأثر المبنى بهبوط الأرضية نتيجة الزلازل عن الباحثة
المستوى الأصلي
مستوى الهبوط

3.2.1 – العوامل الكيميائية

1.3.2.1 - التلوث

تتعرض القلعة للتلوث الجوي بحكم مكانها إذ أن هناك غازات ملوثة منتشرة في الجو من انبعاثات السيارات والمصانع المختلفة ، إضافة إلى الأغبرة المنتشرة نتيجة عمليات الترميم وإعادة البناء بها ، وتتأثر الأخشاب بتكون طبقة سوداء ، أو طبقة من الغبار، إضافة إلى تشكل الأحماض في وجود الرطوبة ، كما يعمل التلوث في إخفاء الألوان والطلاءات الموجودة على الخشب بتشكل طبقات من الغبار ، ونجدها خاصة في الأخشاب الموجودة في الواجهات الخارجية أو المطلة على الصحن في قصر الداي مثلا . والشكل رقم (181) تشكل طبقة سوداء على الخشب ، شكل رقم (182) تجمع الغبار في خشب السقف

شكل رقم(181) تشكل طبقة سوداء على الخشب بفعل التلوث عن الباحثة

شكل رقم(182) تجمع الغبار على الخشب واخفاء اللون . عن الباحثة

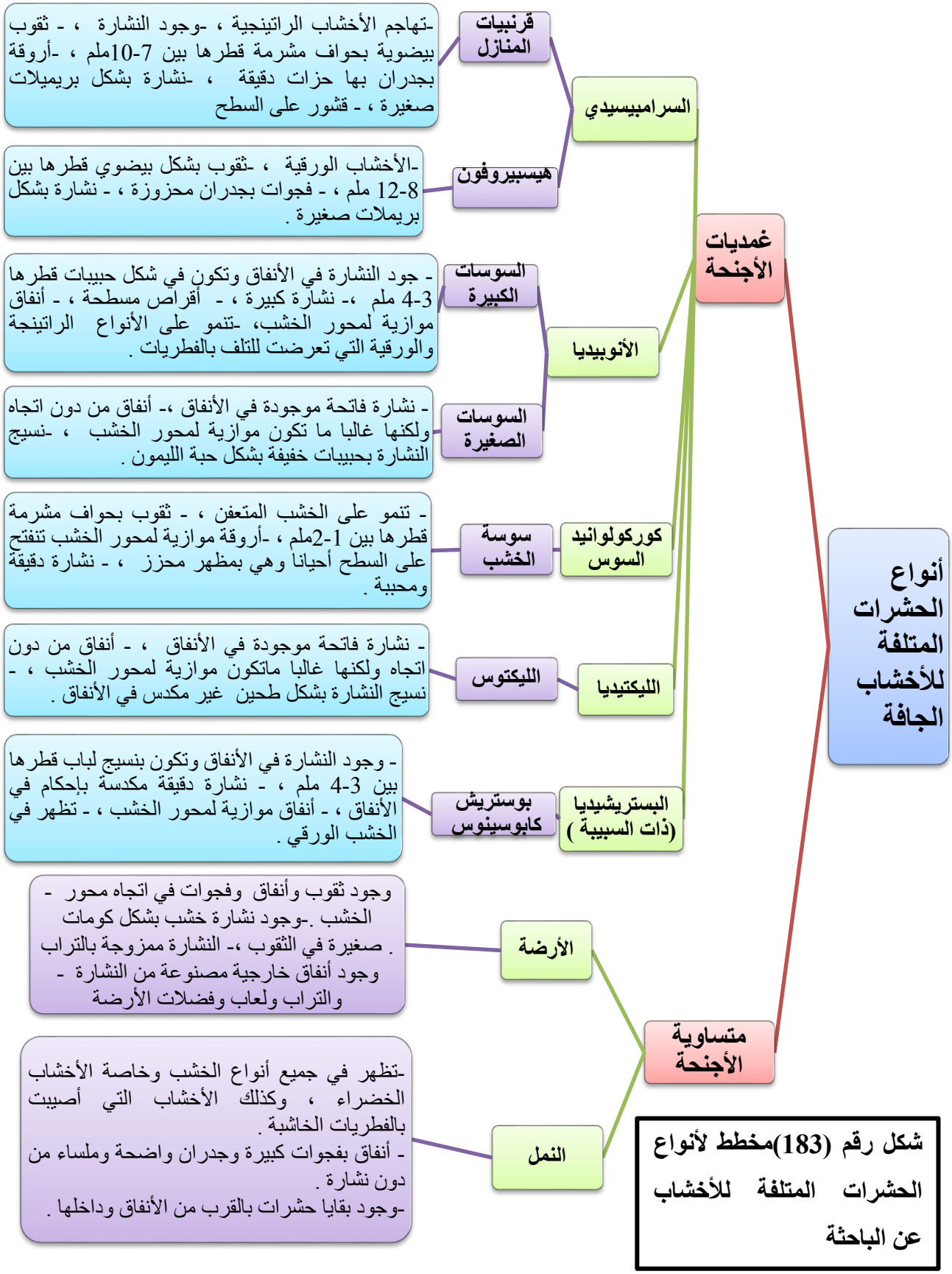
4.2.1 – العوامل البيولوجية

تعتبر العوامل البيولوجية من أكثر العوامل خطرا على الأخشاب ، إذ يمكن أن تؤدي إلى الفقدان التام لهذه المادة ، لأنها تعد مصدرا من مصادر غذائها ، وتهاجم مادة الخشب من قبل عدد كبير من الحشرات والفطريات والبكتيريا ، خاصة إذا وجدت الظروف الملائمة لانتشارها كالرطوبة والحرارة المناسبتين .

1.4.2.1 - الحشرات

تتغذى الحشرات التي تصيب الأخشاب على الخشب نفسه وتختلف الحشرات من نوع لأخر طبقاً للطور الذي يصيب الخشب إما عذراء ، حورية ، حشرة كاملة ، ومن الحشرات التي تصيب الأخشاب : قرنبيات المنازل، سوس الخشب ، النمل الأبيض .

إصابة الأخشاب بالحشرات تكون عادة أخطر بكثير من إصابته بالفطريات إذ يكون دائما عرضة للإصابة طالما أنه يحتوى على مواد غذائية تصلح لها ، وتتوقف طبيعة الإصابة ومدى جديتها وتأثيرها على نوع ودورة حياة الحشرة التي تصيب الخشب، ويمكن تقسيم أهم أنواع الحشرات التي تصيب الأخشاب عادة الى مرتبتين : رتبة غمديات الأجنحة ، ورتبة متساوية الأجنحة .شكل رقم (183) مخطط للحشرات المؤثرة على الخشب .



شكل رقم (183)مخطط لأنواع الحشرات المتلفة للأخشاب عن الباحثة

التعرف على الحشرات

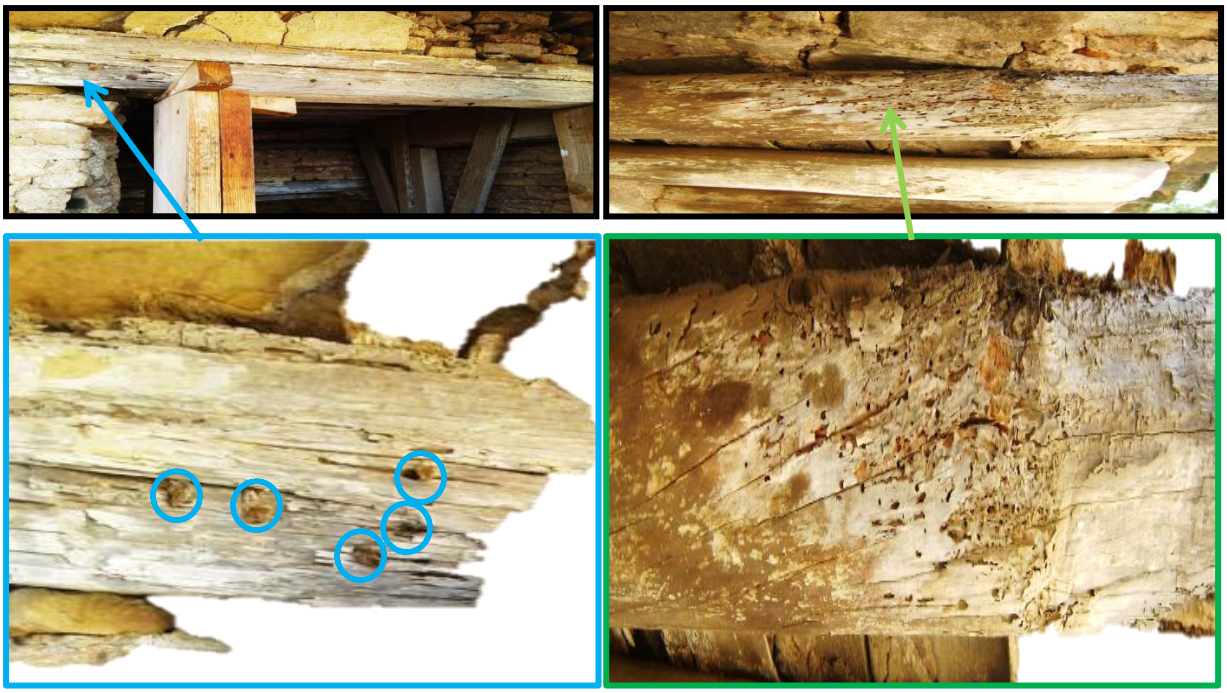
يمكن التعرف على الحشرات ويرقاتها من خلال ما يلي :

- الثقوب التي تكون بأشكال وأقطار خاصة .
- التغير في حالة ولون الخشب .
- أروقة باتجاه محور الخشب أو تكون موازية أو عمودية عليه .
- وجود فضلات الحشرات ويرقاتها .
- حبيبات دقيقة رملية على سطح الخشب ناتجة عن تفتته .
- سماع صوت نخر الحشرات للخشب خاصة في الأجواء الهادئة والساكنة .
- هناك الكثير من الأخشاب التي تعرضت لمهاجمة الحشرات ، خاصة الأخشاب الموجودة في الواجهات الخارجية من المباني ، كأطر النوافذ والظلات ، إضافة إلى الأخشاب الموجودة داخل الجدران وأخشاب التسقيف خاصة في الأطراف المدمجة في الجدار ، ومن أجل معرفة أنواع الحشرات بدقة يجب أن تكون هناك دراسة بيولوجية مع امكانية أخذ عينات من الأخشاب التالفة لمعاينتها مخبريا ، ويعتبر مناخ القلعة مثاليا لنمو الحشرات خاصة في وجود الخشب المتعفن الذي يكون مصدرا سهلا للغذاء ، إضافة إلى غياب الحماية والمعالجة بالمبيدات .

-تقوم الحشرات بعمل أنفاق بالخشب، مما يؤدى إلى اضعاف بنية الخشب والتقليل من مقاومته للقوى المختلفة، أكثر الحشرات تدميراً للخشب هي السوس والخنافس ، فتسبب أضرار جسيمة تحت سطح إطارات الأسقف .

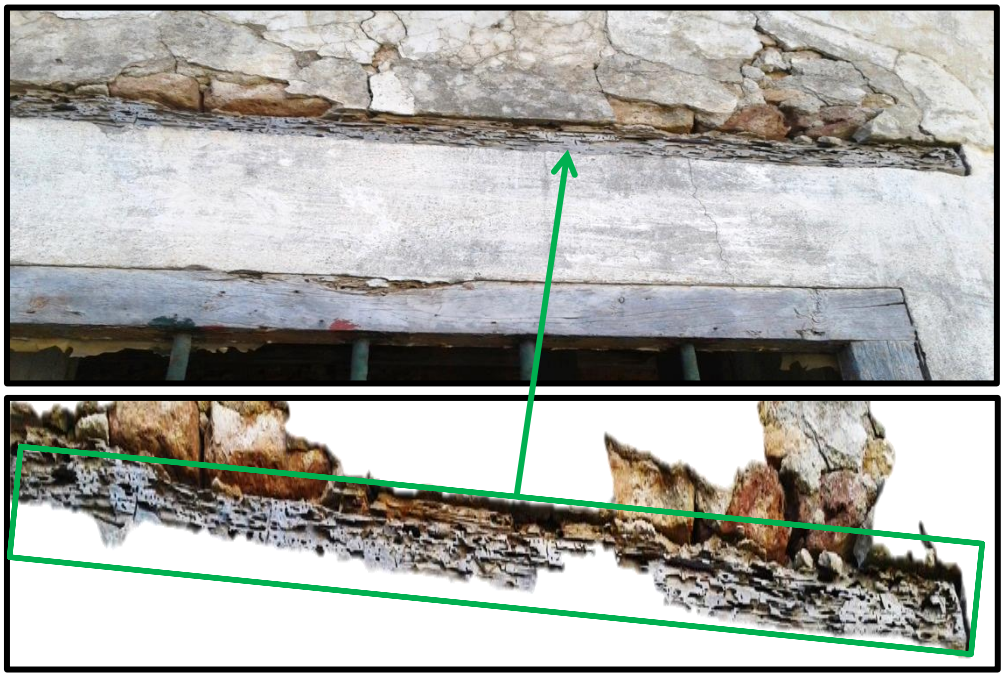
-التسويس في الخشب يعتبر من أخطر العيوب، لأنه ينتقل لبقية الأخشاب القريبة منه، مما يؤثر كثيرا على قوته الإنشائية وغالبا ما يتعذر اكتشافه في بداية الإصابة ، نظرا لوجود الخشب إما في السقف أو داخل الجدران ، وتأثيره على الخشب داخليا وصغر الثقوب التي تخرج منها الحشرة .

- وجود الأنفاق والنشارة الناتجة عن تغذي الحشرات بالخشب .والأشكال من (184) إلى (187) تمثل تأثير الحشرات على خشب القلعة .

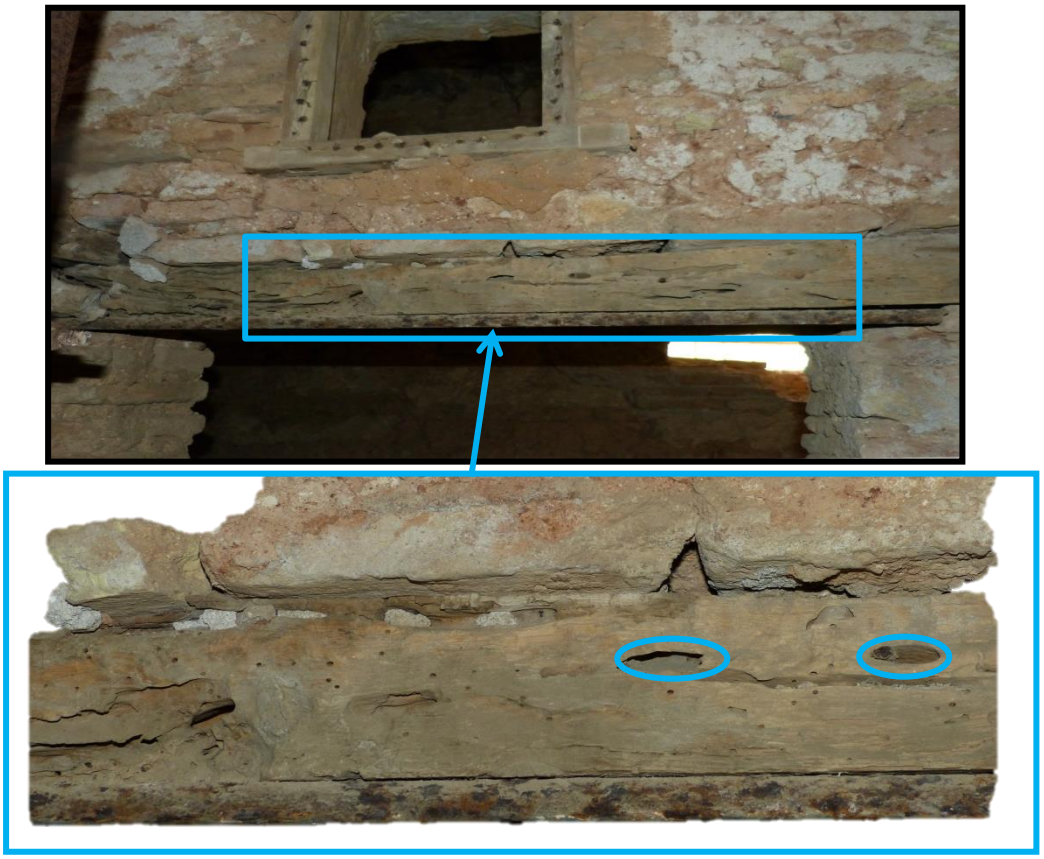


شكل رقم (184) صورة لتنقر الخشب وهشاشته نتيجة حشرات السوس عن الباحثة

شكل رقم (185) صورة لفقدان أجزاء من الخشب ووجود ثقوب موازية لمحور الخشب ناتجة عن حشرات الأنوبيديا عن الباحثة



شكل رقم (186) صورة لتشوه الخشب وتآكله نتيجة حشرات السوس عن الباحثة



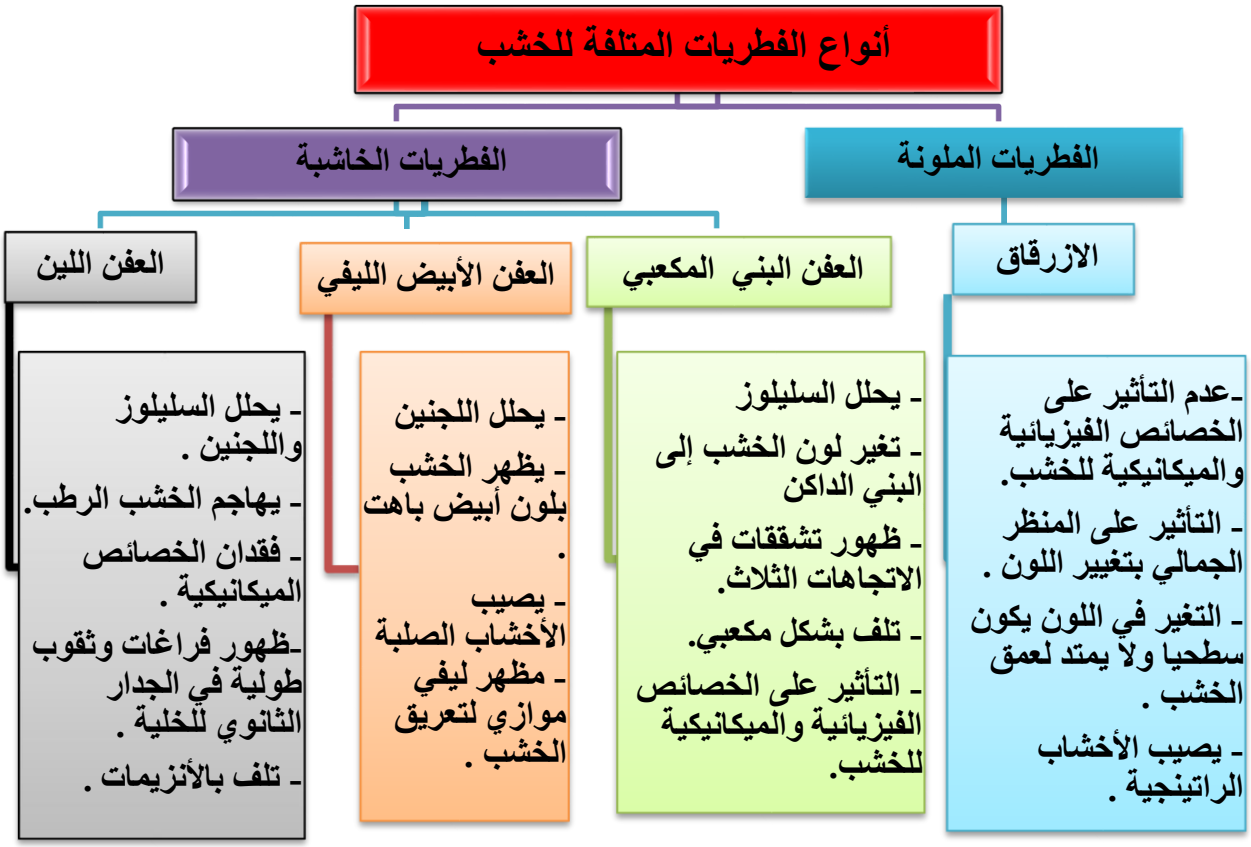
شكل رقم (187) صورة لحجرات وأنفاق حشرة قرنبيات المنازل عن الباحثة

2.4.2.1 - الفطريات

- تتوفر الفطريات بصورة كبيرة في الهواء والتربة ، وتنمو الفطريات على الأخشاب في وجود درجة حرارة معتدلة ونسبة رطوبة مرتفعة، والفطريات التي تهاجم الأخشاب نشطة وتستطيع أن تعيش لعدة سنين، وتقوم الفطريات بتحطيم السيليلوز الموجود بالأخشاب ومن أنواع الفطريات التي تصيب الأخشاب الفطريات الملونة والخاشبة .

- يصبح الخشب أكثر احمرارا في اللون وأكثر قابلية لتكسر ، كما أنه يفقد خواصه كالرائحة المميزة ، وعند الدق عليه يعطى صوت أجوفا مكتوم ، كما أنه ينكمش وغالبا ما يصاب بالالتفاف ، وأحيانا يمكن أن توجد فطريات مرئية على سطح الخشب .

- تأخذ أشكال عديدة، ويمكن أن تدمر الخشب تماماً ، وقد تسبب اختلاف بسيط في اللون، أخطر أنواع الفطريات هو ما يحلل السليلوز مما يؤدى إلى تدمير الخشب نهائياً، و يعتمد نمو الفطريات على درجة الرطوبة تتراوح بين 20 % – 35 % ، ودرجة الحرارة 3- 38 °م ، و تتحمل بعض الفطريات الجفاف و درجات الحرارة المنخفضة، ويبدأ ظهور الفطريات كخطوط حمراء وبنية، تؤثر الفطريات في أغلبها على تركيبة الخشب وخصائصه الميكانيكية. شكل رقم (188) مخطط لأنواع الفطريات المتلفة للخشب ومظاهرها .



شكل رقم (188) مخطط لأنواع الفطريات المتلفة للأخشاب ومظاهرها . عن الباحثة

التعرف على الفطريات

يمكن تشخيص وجود الفطريات بالمؤشرات التالية :

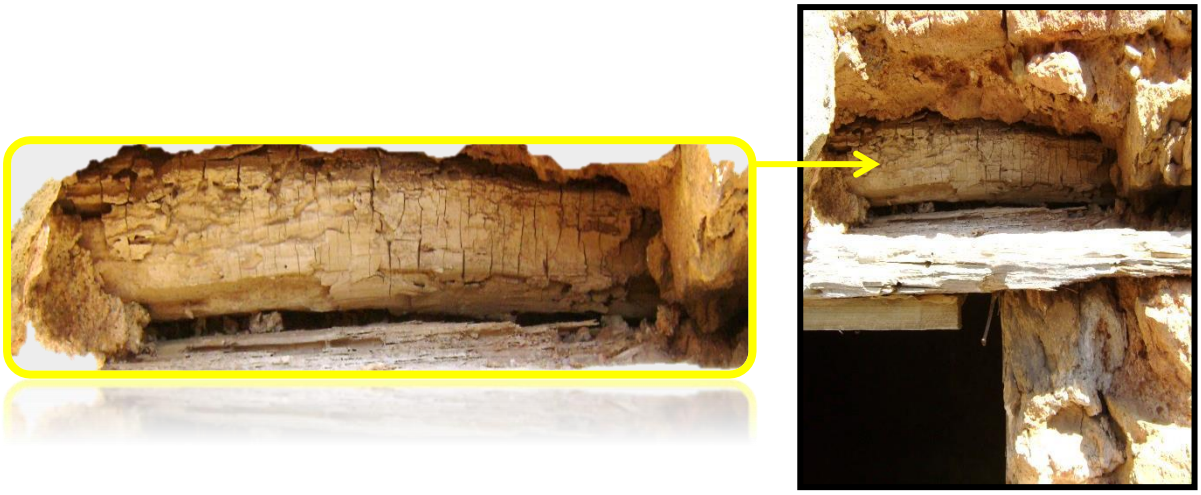
- ضياع لهيكل الخشب وتعفنه .
- سماع صوت مجوف عند ضرب الخشب .
- تغير لون الخشب ووجود رائحة خاصة .
- وجود شبكة من الخيوط الفطرية .
- إمكانية وجود حشرات مع الفطريات .
- ضعف الخشب وتفكك بنيته .
- رؤية الفطر .

تأثير الفطريات على خشب القلعة

نجد مظاهر مختلفة للفطريات في خشب القلعة أهمها : التحلل والهشاشة ، وتغير اللون ، والتفكك في شكل مكعبات ، والتعفن ، وأهم الأنواع التي نجدها هي التعفن البني والتعفن الليفي ، ومن أجل تحديد نوع الفطر بدقة كبيرة ينبغي أخذ عينات ودراستها بيولوجيا ومجهريا . والأشكال من (189) إلى (193) تمثل تأثير الفطريات في خشب القلعة .

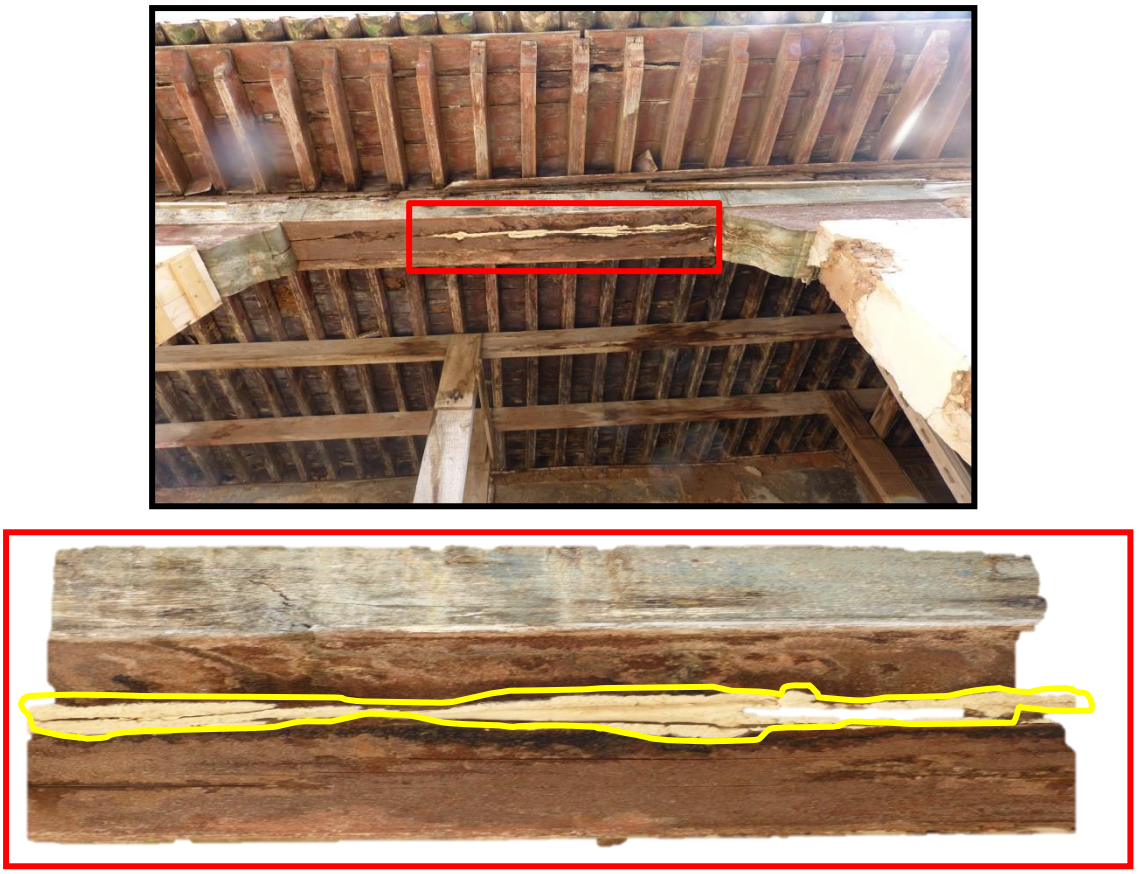
شكل رقم (189) صورة فقدان المتانة نتيجة فطريات العفن الليفي في خشب الظلة عن الباحثة

شكل رقم (190) صورة تغير اللون نتيجة التعفن على خشب السقف به طلاء في القلعة عن الباحثة



شكل رقم (191) انفصال تكعيبي للعفن البني في خشب ساكف النافذة
عن الباحثة

شكل رقم (192) تغير اللون وتطرية الخشب بسبب العفن والرطوبة الزائدة
عن الباحثة



شكل رقم (193) صورة لفطر اللونزيت على خشب القلعة .
عن الباحثة

3.4.2.1 – البكتيريا

البكتيريا هي كائنات حية وحيدة الخلية تعيش في الوسط الهوائي أو اللاهوائي ، وتستطيع البكتيريا أن تحلل الأخشاب بإنزيماتها .

- توجد في القلعة ظروف ملائمة لانتشار البكتيريا في الخشب ، خاصة في الطوابق العلوية أين توجد تسربات لمياه الأمطار ، كما هناك رطوبة مرتفعة في القلعة مع درجة حرارة ملائمة لنشاطها ، ولكن هناك صعوبة في تشخيص الأخشاب المصابة بها بالعين المجردة نظرا لتشابه مظاهر تلفها مع مظاهر تلف الفطريات ، ولكي يكون التشخيص دقيقا ينبغي أخذ عينات لدراستها مخبريا وتوضيح نوع البكتيريا المسؤولة عن التلف .

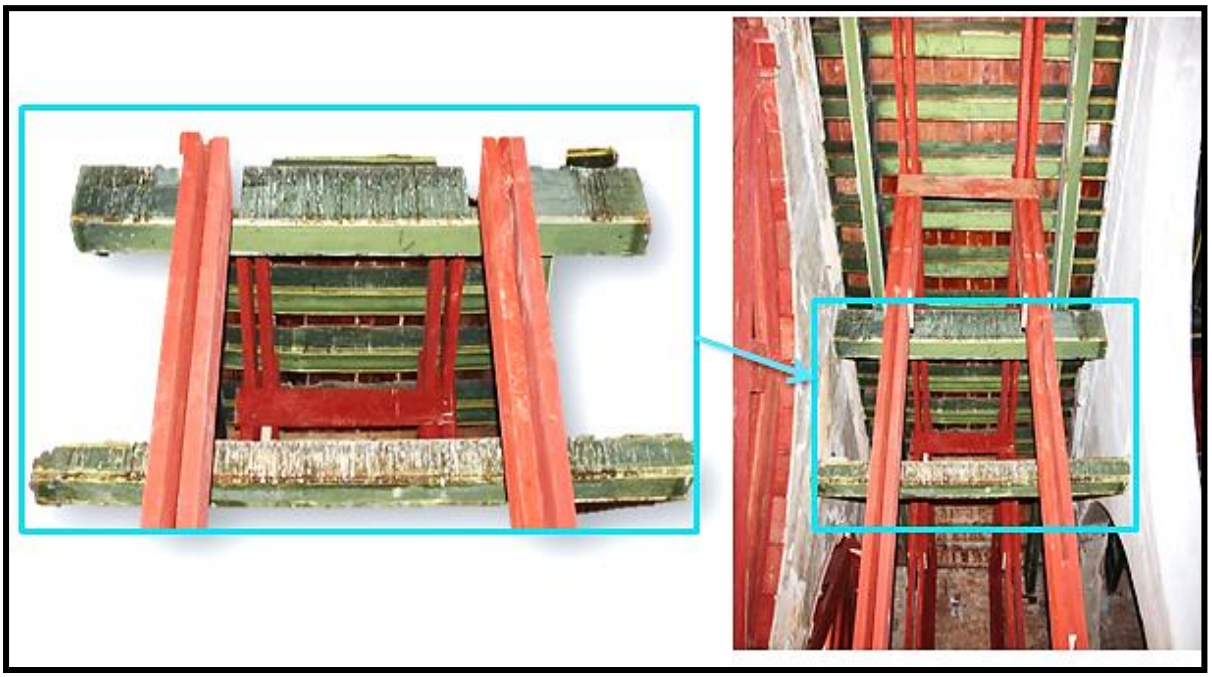
4.4.2.1- الطحالب

تنمو الطحالب في خشب القلعة ، ونجدها بشكل رئيسي في الأماكن التي تتواجد بها المياه نتيجة التسربات من قنوات صرف المياه ، أو تسربات مياه الأمطار من السقف ، فهي تفضل الأماكن الشديدة الرطوبة ، كما نجدها في خشب أرضية مقصورة الداي ، تعمل الطحالب على تشويه منظر الخشب ، كما ترفع من نسبة رطوبته ، وتغرس جذورها داخل مادته . الشكل رقم (194) صورة لنمو الطحالب على الخشب .

شكل رقم (194) صورة لنمو الطحالب على خشب مقصورة الداي .
عن الباحثة

5.4.2.1- الطيور

تسكن الطيور عادة المباني المهجورة وهذا حال قلعة الجزائر ، فتضع أعشاشها فيها ، كما تشكل أخشاب الأسقف أماكن مناسبة لتبيت بها ، وهذا ما يترك أثارا سلبية عليها من خلال الفضلات الكثيرة التي تخلفها ، والتي تتحول إلى أحماض في وجود الرطوبة ما يؤدي إلى تحليل الأخشاب كما أنها تحتوي على أملاح ، و تساهم هذه الفضلات في تكاثر الحشرات ، إضافة إلى تشويهها لمظهر الخشب ، وأكثر الطيور التي نجدها في القلعة الحمام . شكل رقم (195) صورة لتشويه الخشب بفضلات الحمام .



شكل رقم (195) صورة لتشوه مظهر الخشب بفضلات الحمام .
عن الباحثة

5.2.1 - العامل البشري

بالإضافة للدور المتلف الذي تقوم به العوامل الفيزيائية والميكانيكية والبيولوجية ، فإن الدور البشري لا يقل أهمية وخطورة عن العوامل السابقة ، بوصفه عاملا مساعدا أو أساسيا في التشويه والضياع الذي يحدثه على المادة الخشبية بقصد أو من دون قصد ، ومن أهم هذه الأعمال ما يلي :

- قطع الأشجار قبل نضجها أو بعد سن الشيخوخة .

- استعمال أخشاب بها عيوب كالالتواء مثلا وهو انحراف لوح الخشب بالتوائه كليا في جميع أوجهه الأربعة، يحدث أثناء عملية تجفيف الأشجار وبعد قطعها .

- إضافة إلى العيوب الناتجة عن تخزين وتجفيف الخشب كالتعفن ، والتشققات الناتجة عن التجفيف السريع ، أو الانحناءات والاعوجاج الذي هو انحراف السطح الضيق من لوح الخشب بالتوائه ابتداء من حوافه ، يحدث نتيجة التخزين السيء، والتقوسات وهي انحراف السطح العريض من لوح الخشب بالتوائه ابتداء من حوافه ، التي تحدث للخشب بسبب سوء التخزين .

- زيادة الحمولات على المبنى من دون إحداث تدعيم وتقوية .

- قلة الصيانة بعدم استبدال الروافد الخشبية التالفة أو معالجتها ، مع عدم مراقبة تسربات المياه في الأسقف وعدم صيانتها .

- عدم مكافحة التلف البيولوجي والوقاية منه ، مع عدم عزل الأخشاب المصابة وتركها لتنقل العدوى .

- تدهور الظلات وعدم اصلاحها .

- عدم توفير الوقاية والحماية خاصة للمواد الخشبية المعرضة للخارج كالدرابزين والكشك والنوافذ والأبواب ، وتركها عرضة لمختلف عوامل التلف .

- تراكم الغبار على الأسطح الخشبية وعدم تنظيفها مما أثر عليها ، وشجع العوامل الأخرى في الظهور خاصة العامل البيولوجي .

- عدم التخزين الجيد للأخشاب المستعملة للترميم وتركها في الخارج أو في أماكن مفتوحة بحيث يمكنها التأثر بالرطوبة . الشكل رقم (196) و الشكل رقم (198) صور عن التلف البشري للخشب.

شكل رقم (196) صورة عن استخدام أخشاب بها اعوجاج في القلعة
عن الباحثة

شكل رقم (197) صورة عن زوال أجزاء من الخشب بفعل بشري
عن الباحثة

2 ـ الخلاصة

يتعرض خشب القلعة للكثير من عوامل التلف أبرزها : الرطوبة ذات المصادر المختلفة كمياه الأمطار و المياه الجوفية ، ورطوبة البحر والتكثف ، إذ تلعب الرطوبة الدور الأساسي في التلف بدورها المباشر أو غير المباشر كتحفيزها للعامل البيولوجي ، الذي له أثره المدمر على خشب القلعة ، وقد دفعنا هذا العامل بتدقيق قياس الرطوبة ومتابعة تغيراتها في القلعة عبر الفصول باستعمال أزرار قياس الرطوبة والحرارة Thermo-hygro botton .

كما نجد مساهمة عوامل أخرى في التلف كالتلوث والحرارة والضوء ، والحمولات الميكانيكية ، والعامل البشري باللامبالاة والاهمال .

وللحد من أضرار هذه العوامل ينبغي اتخاذ بعض الاجراءات كإصلاح الأسقف ، عمل قنوات لتصريف مياه الأمطار ، وعزل الأساسات من الرطوبة لتفادي انتقالها إلى الأخشاب الموجودة في أطر الأبواب والنوافذ ، وطلاء الأخشاب بورنيشات شفافة أو نصف شفافة عازلة للماء والحرارة ، زيادة على حماية الأخشاب المصابة بالحشرات والفطريات باستخدام المبيدات ، وإزالة الأخشاب التي تكون في حالة متقدمة من التلف واستبدالها بأخرى جديدة من نفس النوع ولها نفس الخصائص .

المحور الثاني : الأعمال التجريبية لخشب القلعة

الفصل الرابع : عوامل التلف ،الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم
المحور الثاني : الأعمال التجريبية لخشب القلعة

تمهيد

1- قياس دراجات الحرارة ونسبة الرطوبة بالقلعة

2- التحاليل الفيزيائية والميكانيكية للخشب

3 - الخلاصة

تمهيد

تختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للخشب تبعا لنوع وصنف الخشب ، عمره ومصدره والجزء المستعمل من الشجرة ، ووجود العيوب والتشوهات وانعدامها ، زيادة على كمية الرطوبة التي يحتويها الخشب ، واتجاه تطبيق القوى .

وسنتطرق في هذا الفصل إلى مختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لعينات من خشب العرعر البربري الذي أستعمل في بناء قلعة الجزائر بمثابة تدعيمات للجدران كتقنية لمقاومة تأثير الزلازل ، إضافة إلى استعمال الخشب في الأسقف والأبواب والنوافذ والأثاث وبعض العناصر المعمارية كالدرابزين .

وبناء على نتائج هذا الفصل والدراسة يمكننا معرفة خصائص الخشب الذي يمكن أن يستعمل كبديل لخشب القلعة عند عملية الترميم .

1- قياس الرطوبة والحرارة بواسطة جهاز Thermo-hygro Botton بالقلعة

بحكم أن أغلب عوامل تلف الخشب ناتجة عن الرطوبة والحرارة سواء بتأثيرها المباشر أو غير المباشر والمتمثل أساسا في تحفيز العامل البيولوجي ، ومن أجل التعرف على نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة في قلعة الجزائر وتغيرها ، قمنا بوضع سبعة بطاريات قياس ضمن جهاز Thermo track 5 وهو جهاز مزود بنظام معلوماتي يسمح بتحضير القياس لمدة زمنية معينة حسب نوع القياس الذي نختاره كل ساعة، كل يوم...الخ.بالإضافة إلى كونه يقوم بتسجيل درجات الحرارة والرطوبة فهو كذلك يظهر نقاط تشكل الندى ، وكذا تحديد التغيرات بين داخل البناء وخارجه .شكل رقم (198) جهاز قياس الرطوبة و الحرارة

شكل رقم (198) جهاز قياس الرطوبة و الحرارة
Pr.Hamiane

1.1- المهمة الأولى (أواخر فصل الشتاء وفصل الربيع)

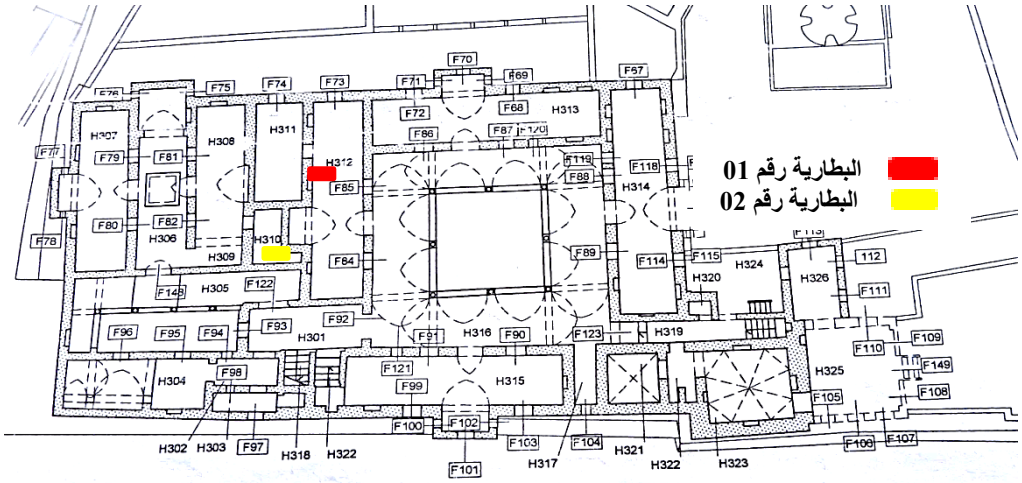
تم وضع أربع بطاريات ابتداء من 16 فيفري إلى غاية 22 أفريل 2018 ، وقد وضعت كما يلي :

- **البطارية رقم 01 :** وضعت في قصر البايات في الطابق الأول في الغرفة رقم H312 في جدار الشمالي الغربي ، وتم اختيارها لأنها غرفة مفتوحة على الصحن و حالة حفظ الخشب بها حسنة كما انها مصدر العينات المأخوذة لإجراء التحاليل . الشكل رقم (199أ.ب)

- **البطارية رقم 02 :** وضعت في قصر البايات في الطابق الأول في الغرفة رقم H310 وهي غرفة محمية أكثر توجد في الجهة الشمالية الغربية تعتبر حالة الخشب حسنة بداخلها ، وقد كان بها مدخل في الجدار الشرقي. الشكل رقم (199أ.ج)

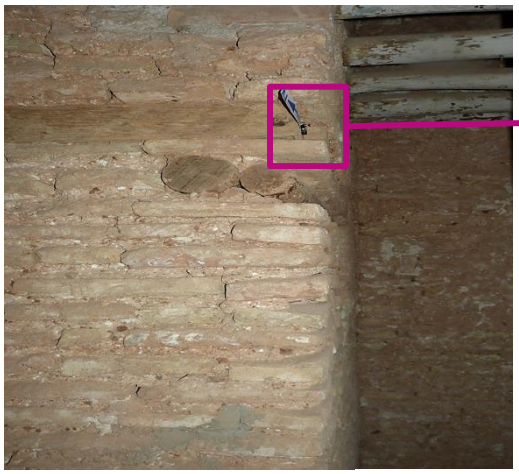
- **البطارية رقم 03 :** تم وضعها في قصر الداي في جناح الحريم في الطابق الثاني في الجهة الشمالية الغربية في الغرفة رقم A233 ، و هي غرفة مغلقة و حالة حفظ الخشب بها جيدة. الشكل رقم (200 أ.ب)

- **البطارية رقم 04 :** ثبتت في مقصورة الداي A247 الموجودة في الواجهة الشمالية من قصر الداي والمطلة على الصحن مما جعل الخشب اكثر عرضة لعوامل التلف مما انتج عنه حالة حفظ سيئة ، و قد تم اختيار هذا الموقع ليتسنى لنا قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة الخارجية . الشكل رقم (200أ.ج) .



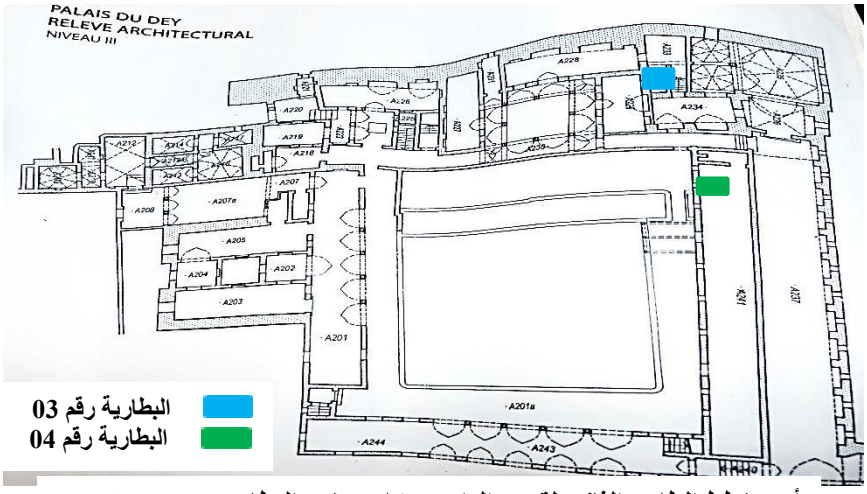
أ . مخطط الطابق الأول لقصر البايات ومكان وضع البطاريتين 01 و 02

ب. مكان وضع البطارية رقم 01



ج. مكان وضع البطارية رقم 02

شكل رقم (199 أ.ب.ج) مخطط وصور لمكان وضع البطاريتين في قصر البايات .



أ . مخطط الطابق الثاني لقصر الداي ومكان وضع البطاريتين 03 و 04

ب. مكان وضع البطارية رقم 03

ج. مكان وضع البطارية رقم 04

شكل رقم (200 أ.ب.ج) مخطط و صور لمكان وضع البطاريتين في قصر الداي .

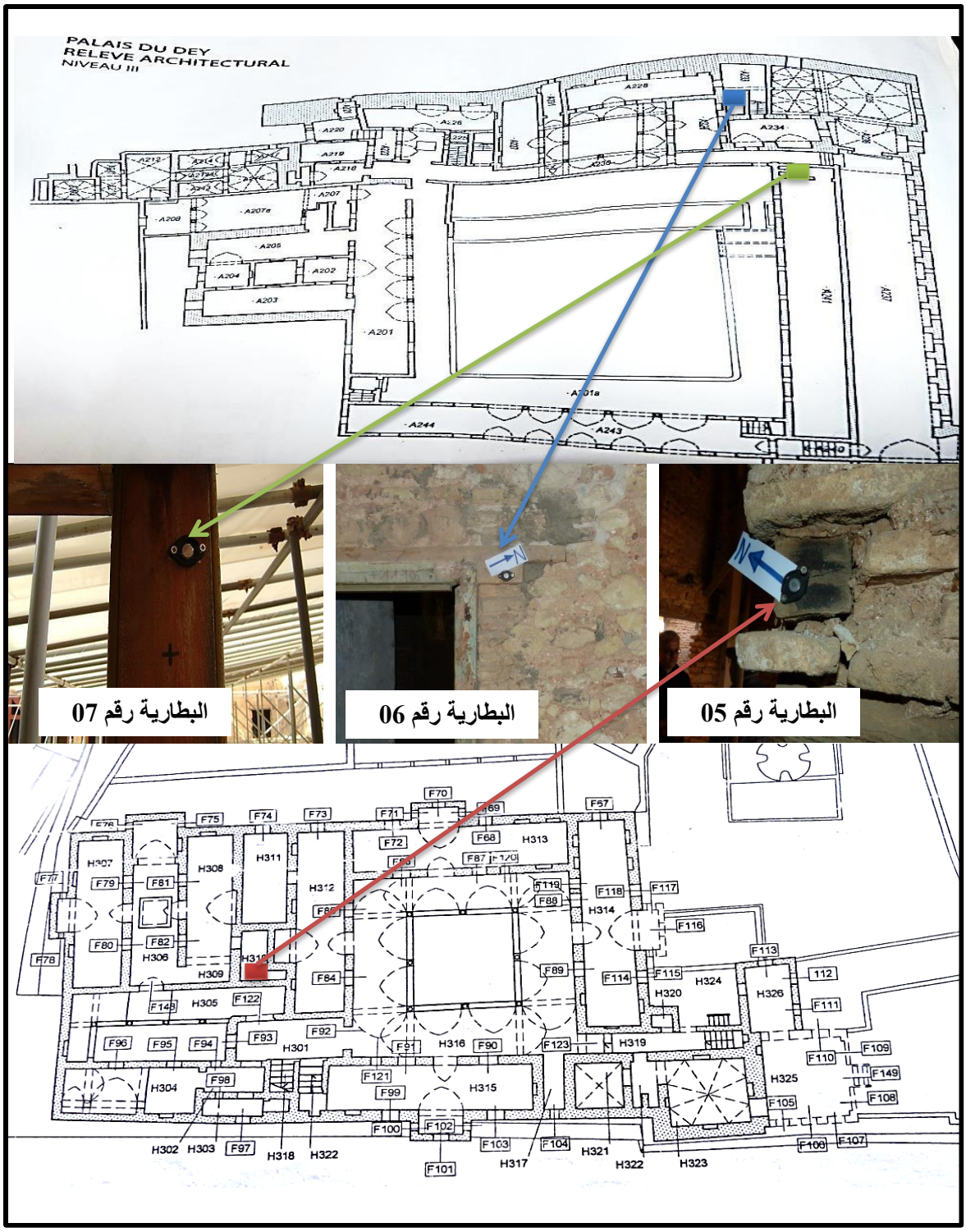
2.1- المهمة الثانية (فصل الصيف وبدايات فصل الخريف)

تم وضع ثلاث بطاريات ابتداء من 09 جويلية إلى 31 أكتوبر 2018 ، ثبتت في نفس مكان البطاريات السابقة بهدف ملاحظة التغيرات ومقارنة النتائج في فصول مختلفة و هي كما يلي:

- **البطارية رقم 05 :** وضعت في قصر البايات في نفس مكان البطارية رقم 02 ، وقد تم إغلاق المدخل الذي كان مفتوحا في الجهة الشرقية ،والذي كان يربط الغرفة المطلة على الصحن مع هذه الغرفة ، كما تم تعرية الأرضية الغرفة وبالتالي الكشف عن سقف الغرفة التي تحتها. الشكل رقم (201 أ)

- **البطارية رقم 06:** وضعت في قصر الداي في جناح الحريم في نفس مكان البطارية رقم 03 ، بحيث أن الغرفة مازالت مغلقة و كان لابد من معرفة درجة تأثرها بالعوامل الخارجية من جهة و عدم انطلاق أشغال الترميم بها من جهة اخرى . الشكل رقم (201 ب)

- **البطارية رقم 07:** قمنا بوضعها في قصر الداي في الكشك في القطعة الخشبية الحاملة للمقصورة في الجهة الغربية ، لتعذر وضعه في نفس مكان البطارية رقم 04 وعدم القدرة على تثبيته لتدهور القطعة الخشبية بحكم وجودها في الخارج وعرضة لرذاذ البحر ومختلف التغيرات الخارجية .الشكل رقم (201 ج)



شكل رقم (201 أ.ب.ج) مخطط و صور لمكان وضع البطاريات في قصر البايات وقصر الداي

3.1- نتائج القياسات

1.3.1- نتائج المهمة الأولى

- لم تسجل البطارية رقم 01 أي نتائج لوجود خلل بها ولذلك تم الاستغناء عنها .

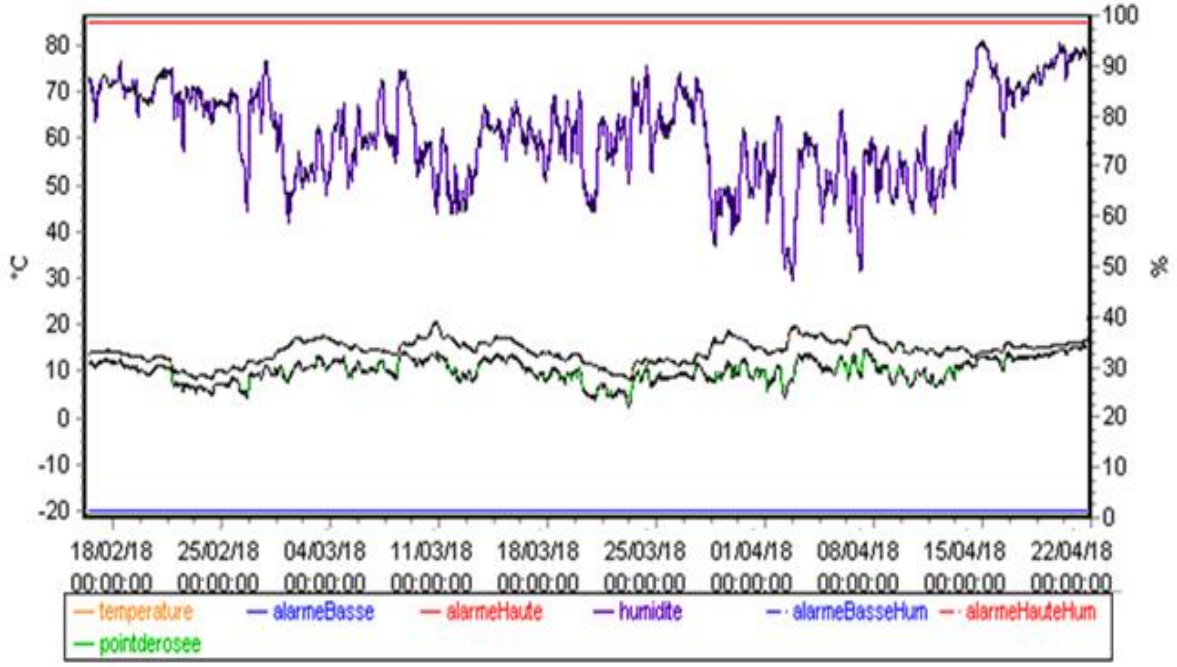
- أظهرت **نتائج البطارية الثانية** تسجيل نسبة رطوبة مرتفعة في أغلب الأيام وقد وصلت إلى 95 % كحد أقصى ، وكان ذلك في 15 أفريل 2018 على الساعة 2:17 ، في حين تم تسجيل أدنى نسبة رطوبة يوم 02 أفريل 2018 على الساعة 20:17 والتي قدرت بـ 47.2% ، مع وجود فترات من التذبذب طيلة مدة القياس ، في حين كانت درجات الحرارة منخفضة في أغلب الوقت ، مع وجود ارتفاعات محسوسة أثناء الظهيرة لكنها لم تتجاوز 20°م طيلة فترة القياس وهذا خلال 15 يوما الأولى من شهر مارس ، وقد بلغت أدنى درجة حرارة 8.2°م في 02 مارس 2018 على الساعة 8:17 ، أما أقصى درجة حرارة فقد تم تسجيلها يوم 10 مارس 2018 على الساعة 21:17 وقد بلغت 28°م ، كما نلاحظ وجود تذبذبات سواء في الرطوبة أو درجة الحرارة بالرغم من وجود البطارية في غرفة محمية ويرجع هذا لوجود تيارات هوائية يمكنها أن تدخل للغرفة بسبب عدم وجود النوافذ والأبواب في مكانها .

- فيما يخص **البطارية رقم 03** فقد أظهرت استقرارا نسبيا في درجات الحرارة ونسبة الرطوبة بين فترات الليل والنهار طيلة فترة القياس مع تأثرها طبعا بالجو الخارجي الذي عرف انخفاض محسوس في درجات الحرارة خلال نهاية شهر فيفري ، ونهاية شهر مارس وبداية شهر أفريل ، وتم تسجيل درجات حرارة بين 10.4°م إلى 16°م ، في حين كانت نسبة الرطوبة مرتفعة على الدوام وتتراوح ما بين 66.8 إلى 95 % ، ويعرف المكان الذي وضع في الجهاز بظلامه الدائم وعدم وجود فتحات للتهوية بخلاف الباب الذي يبقى مغلقا في الغالب ، وهذه الشروط مثالية لانتشار الفطريات في المكان .

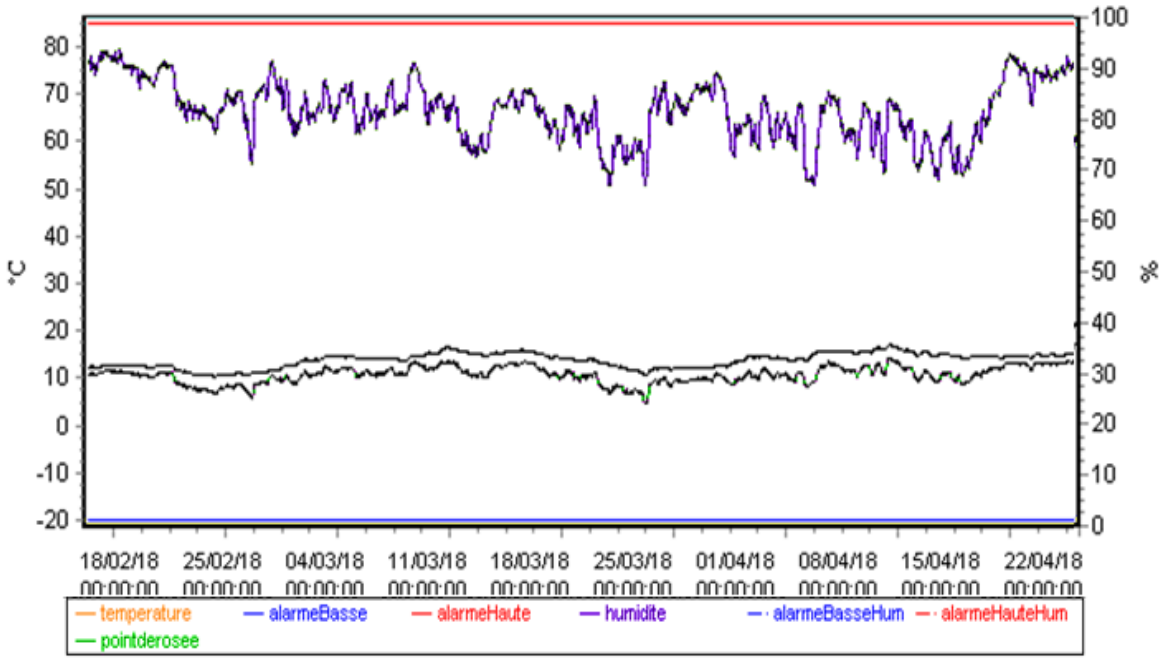
- أما **البطارية رقم 04** فأظهرت وجود تذبذبا كبيرا في كل من الحرارة والرطوبة مع تشكل الندى point de rosé في الكثير من المرات نتيجة تشبع الهواء ، كما نلاحظ نسبة رطوبة مرتفعة وصلت إلى 100% في الكثير من المرات وفي مختلف ساعات النهار والليل ،وتم

تسجيل أدنى نسبة رطوبة يوم 08 أفريل 2018 على الساعة 12:31 وقدرت بـ 21.4 % ، في حين تم تسجيل دراجات حرارة متغيرة بين الليل والنهار بمعدل ما بين 8 إلى 10°م ، وقد وصلت أقصى درجة حرارة إلى 33.3°م يوم 06 أفريل على الساعة 13:31 ، بينما سجلت أدنى درجة يوم 23 فيفري على الساعة 8:31 صباحا وقدرت بـ 5.8 °م .

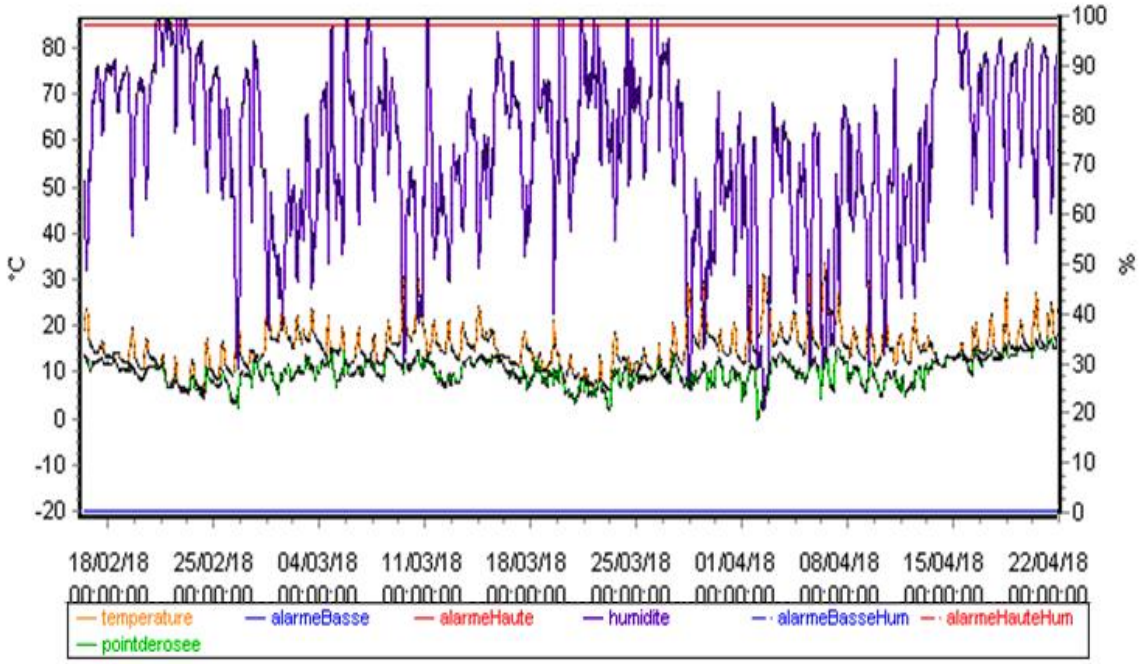
- تسمح الرطوبة المرتفعة في داخل القلعة أو خارجها على نشاط الفطريات والحشرات، كما تعتبر درجة الحرارة مثالية لنمو الحشرات وهذا ما يؤثر على الخشب الموجود في القلعة ، والأشكال من الرقم (202) إلى (207) تمثل منحنيات مهمة القياس الأولى .



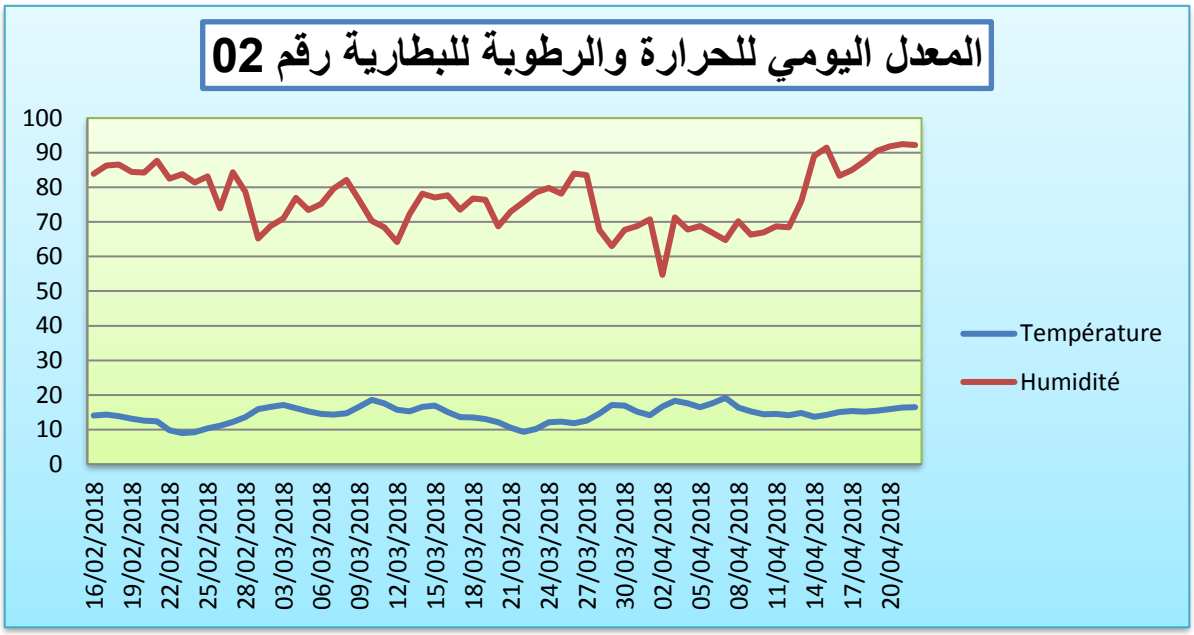
شكل رقم (202) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 02 .



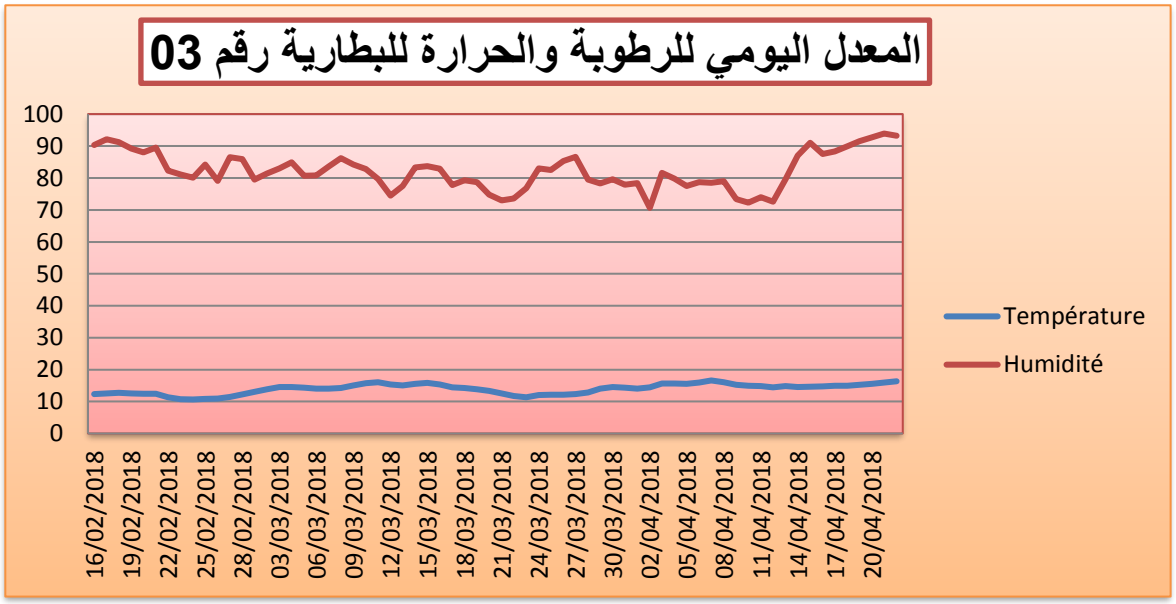
شكل رقم (203) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 03



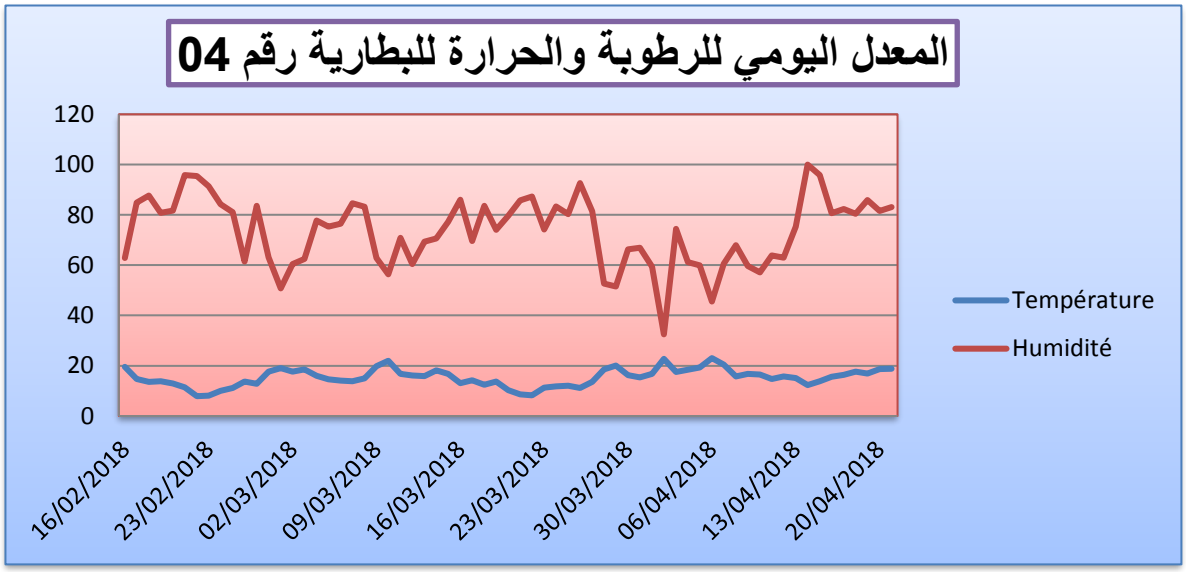
شكل رقم (204) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 04



شكل رقم (205) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 02 .



شكل رقم (206) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 03



شكل رقم (207) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 04

وفيما يلي جدول معدلات الرطوبة والحرارة القصوى والدنيا للبطاريات في المهمة الأولى .

جدول رقم (11) يلخص أهم نتائج القياسات للبطاريات في المهمة الأولى

	البطارية رقم 02	البطارية رقم 03	البطارية رقم 04
درجة الحرارة القصوى (°م)	28.2	28	33.3
درجة الحرارة الدنيا (°م)	8.2	10.4	5.8
معدل درجة الحرارة (°م)	15.96	15.59	16.59
نسبة الرطوبة القصوى (%)	95	95	100
نسبة الرطوبة الدنيا (%)	47.2	55.9	21.4
معدل نسبة الرطوبة (%)	74.52	79.09	72.10

2.3.1- نتائج المهمة الثانية

بعد نزع البطاريات وقراءتها لاحظنا ما يلي :

- **البطارية رقم 05** : بلغت أقصى نسبة رطوبة 93 % أما أدنى نسبة رطوبة تم تسجيلها فبلغت 51% ، في حين بلغ المعدل 81 % ، وهذا يعني أن نسبة الرطوبة كانت مرتفعة في أغلب فترات القياس ، مع تسجيل تذبذب ما بين 69 – 51 % أيام 11 ، 14 و15 جويلية

بعدها عاودت الارتفاع إلى حد 89 % ، وانخفاضها أيضا في أواخر شهر جويلية أيام 28، 29 و 30 ، وأيام 03 ، 04 و12 من شهر سبتمبر دون أن تتجاوز 52 % ، حيث تكون فترة الانخفاض عادة في الظهيرة ، وفي باقي الأيام كانت مرتفعة إذ تتراوح في الغالب بين 70و90 % ، وهذا الارتفاع في الرطوبة يعمل على رفع رطوبة الخشب وبالتالي تحفيز الاصابة بالحشرات والفطريات والتأثير على مواد البناء الأخرى ، أما درجة الحرارة فكانت معتدلة طول فترة القياس وتراوحت ما بين 21 °م و26°م في الغالب ، مع تسجيل أعلى درجة حرارة والتي بلغت 27 °م ، أما أدنى درجة حرارة فوصلت إلى 13°م وهذا في أواخر شهر أكتوبر، الذي تميز بتسجيل انخفاض في درجات الحرارة وهذا في الفترة ما بين 23 و30 أكتوبر ، في حين بلغ معدل درجة الحرارة حوالي 23.5 °م .

وتعتبر درجة الحرارة هذه مثالية لظهور العامل البيولوجي ، والملاحظ أيضا أنه رغم ارتفاع درجة الحرارة في بعض الأحيان إلا أننا نسجل رطوبة نسبية مرتفعة وهذا نتيجة القرب من البحر ، والملاحظ أيضا تسجيل لتشكل الندى طول فترة القياس ، والذي يرجع إلى نسبة الرطوبة المرتفعة في داخل القصر ودرجة الحرارة المرتفعة في الخارج .

- وبالرغم أننا وضعنا البطارية في فترة الصيف إلا أننا لم نسجل نسبة رطوبة منخفضة جدا بالمقارنة مع نتائج المهمة الأولى ، كما أن درجة الحرارة كانت معتدلة بالمقارنة مع المهمة الأولى .

- **البطارية رقم 06** : تسجيل نسبة رطوبة بلغت 91 % كأعلى نسبة ، في حين قدرت أدنى نسبة بـ 52 % ، و كانت نسبة الرطوبة مرتفعة في أغلب الفترات وتتراوح بين 75% – 87 % ، مع تسجيل انخفاض إلى حدود 55 % في أواخر شهر أكتوبر أيام 26 ، 29 و30 نتيجة التغيرات الجوية ، أما درجة الحرارة فقد عرفت هي الأخرى استقرارا ، فقد بلغت أعلى درجة 26.5 °م ، أما أدنى درجة حرارة تم تسجيلها فقدرت بـ 15.5°م ، وتم تسجيل ثبات في درجة الحرارة خلال شهري جويلية وأوت بين 25°م و26.5°م ، وانخفاضها في شهر سبتمبر وأوائل أكتوبر إلى 21°م ، أما في أواخر شهر أكتوبر فوصلت إلى 15.5 °م.

- تسجيل تشكل الندى طول فترة القياس نتيجة تشبع الهواء بالرطوبة .

- عدم تسجيل اختلاف كبير في نسبة الرطوبة بين المهمة الأولى والمهمة الثانية .

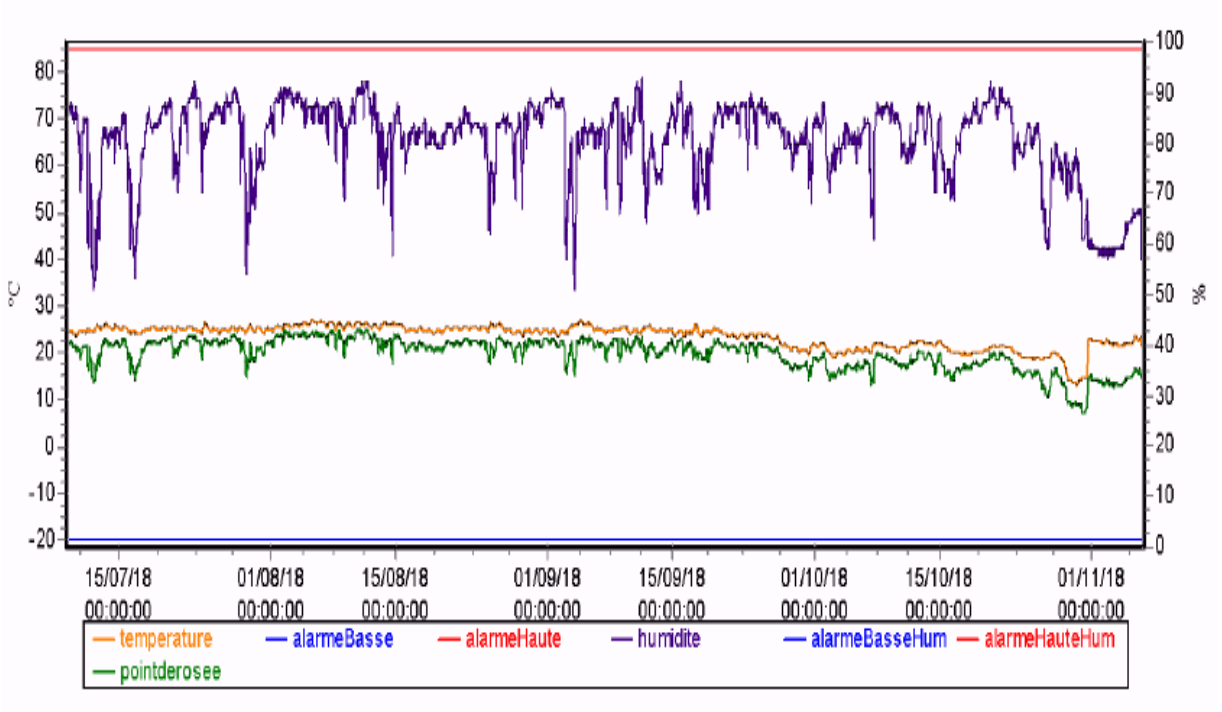
- سجلت هذا البطارية استقرارا أكثر في نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة بالرغم من وجودها في مكان مغلق في جناح الحريم من قصر الداي ، مثل البطارية رقم 02 الموضوعة في قصر البايات ، الذي سجلت تذبذبا في الرطوبة وتسجيل درجة حرارة أقل ،وهذا راجع إلى إزالة الأرضيات وكشف الأسقف التي تحت الغرفة ، مما سمح بإمكانية تسرب الهواء من الخارج إلى الداخل والتأثير على نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة ، التي كانت أقل منها إذ قدرت بـ13°م ، في حين كانت أدنى درجة حرارة سجلتها البطارية الموضوعة في قصر الحريم هي 16°م .

- **البطارية رقم 07** : عرفت خطأ في عملية البرمجة فتم وضع التسجيل كل دقيقة بدل كل ساعة ، وهذا ما قلص من مدة التسجيل لأربعة أيام فقط ، وهذا ما أثر على مهمة القياس ، لأن هذه البطارية تم وضعها بالخارج لتسجيل التغيرات الخارجية حتى يمكن مقارنتها مع البطاريتين السابقين .

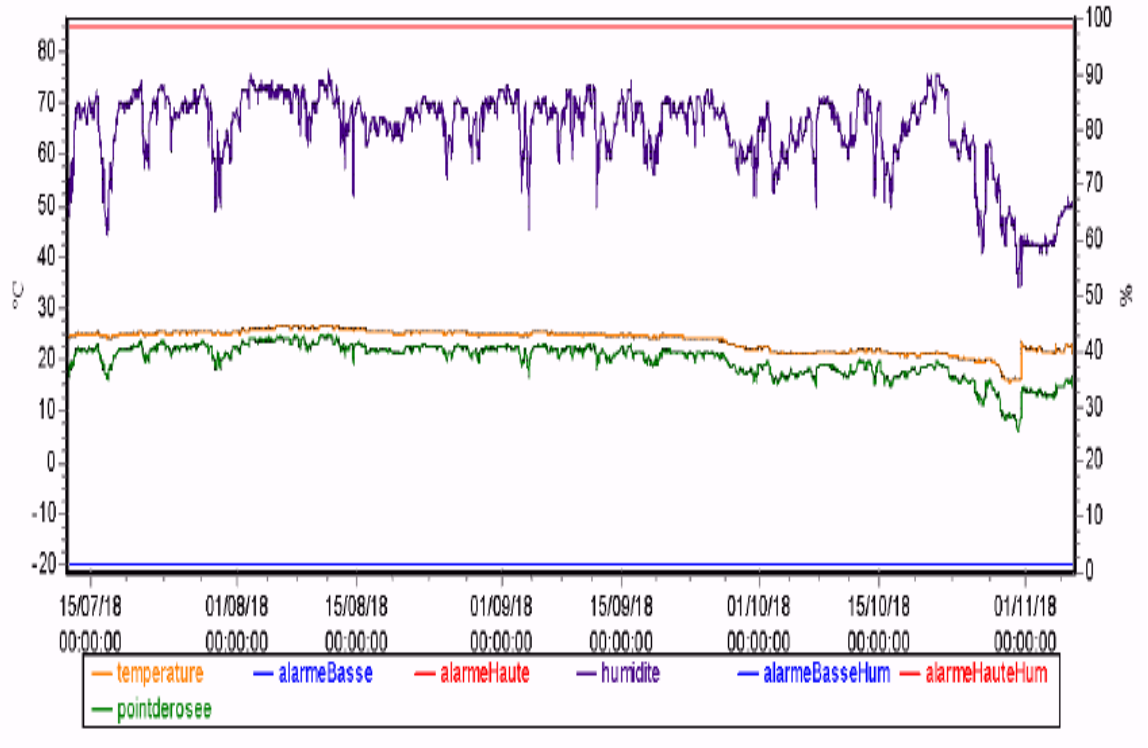
- تظهر البطارية تغيرات واضحة بين نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة بين الليل والنهار ، مع تسجيل نسبة رطوبة فوق المتوسط في اليوم الأول من التسجيل بدرجة حرارة معتدلة حيث بلغت حوالي 28°م وتراوحت نسبة الرطوبة بين 70 % - 75% .

- عند ارتفاع درجة حرارة تنخفض نسبة الرطوبة ، وخاصة في فترة الظهيرة التي تعرف ارتفاع في درجة الحرارة إلى 33 °م مع انخفاض في نسبة الرطوبة إلى أقل من 40% ، وذلك يوم 10 جويلية ، وللتذبذب الكبير في نسبة الرطوبة ودرجة الحرارة تأثير على الخشب الموجود في الخارج ، حيث يؤدي إلى انكماشه وانتفاخه مما يحدث التشققات الطولية فيه ، كما يؤثر على محتواه من الماء .

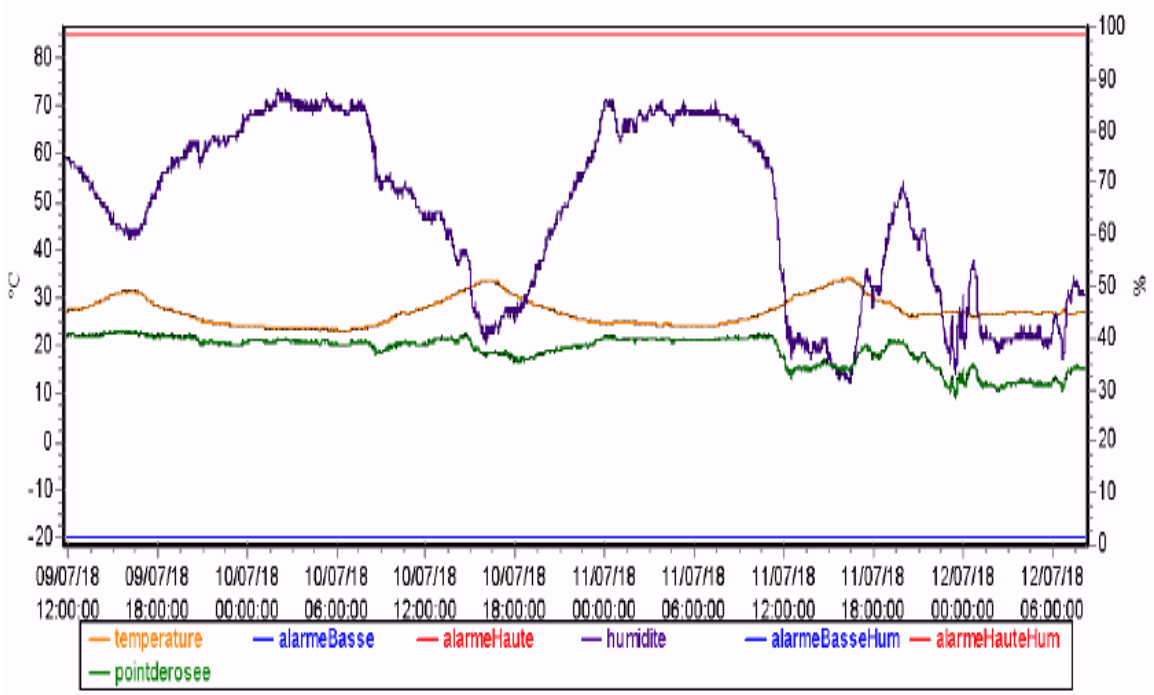
- لا يمكننا المقارنة بين نتائج المهمة الأولى وهذه المهمة ، أو بين تسجيلات البطارية رقم 07 والبطاريتين رقم 05 ،06 نتيجة لقصر فترة القياس . والأشكال رقم (208) ،(209) و(210)تمثل نتائج المهمة الثانية .



شكل رقم (208) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم05.



شكل رقم (209) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم06.



شكل رقم (210) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم07 .

والجدول التالي يبين نسبة الرطوبة والحرارة القصوى والدنيا ومعدلاتهما خلال مهمة القياس الثانية .

جدول رقم (12) يلخص أهم نتائج القياسات للبطاريات في المهمة الثانية

	البطارية رقم 05	البطارية رقم 06	البطارية رقم 07
درجة الحرارة القصوى (°م)	27	26.5	34
درجة الحرارة الدنيا (°م)	13	15.5	23
معدل درجة الحرارة (°م)	23.45	23.72	27.08
نسبة الرطوبة القصوى (%)	93	91	88
نسبة الرطوبة الدنيا (%)	51	52	31
معدل نسبة الرطوبة (%)	80.51	79.94	64.09

2- التحاليل الفيزيائية و الميكانيكية للخشب

1.2- التحاليل غير الهدامة

بالرغم من أن هذه التحاليل غير دقيقة إلا أن لها نتائج سريعة و درجة تأثيرها على الخشب تكاد تنعدم و ينصح باستعمالها في الأغلب على المواد الأثرية المعرضة لدرجات مختلفة من التلف كالخشب مثلا نظرا لهشاشته.

1.1.2- جهاز السكليرومتر (مطرقة شميدت) scléromètre

يعتبر من أنواع الاختبار غير المتلفة للخرسانة وكذا الأسطح الصلبة و الخشب، و يمتاز بأنه اختبار سهل و سريع في تحديد المقاومة وصلابة الخشب ، يستخدم السيكلوميتر لتعيين رقم الارتداد Rebound Number حيث يعتمد عمل الجهاز على النظرية التي تنص على أن قوة ارتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به. ويستخدم رقم الارتداد هذا في الاسترشاد عن القيمة التقريبية لمقاومة الضغط . شكل رقم (211) جهاز السكليرومتر (مطرقة شميدت)[1]

شكل رقم (211) جهاز السكليرومتر (مطرقة شميدت)
http://www.directindustry.fr/prod/drc-srl/product

[1] - عيساوي بوعكاز – حجارة المباني الأثرية: أساليب حفظها وترميمها المدينة الأثرية تبسة "تيفاست" أنموذجا – أطروحة دكتوراه في الصيانة والترميم ، معهد الأثار ، 2015 – 2016 ، ص181.

2.1.2- جهاز الأمواج فوق الصوتية Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tests

يمكن استعمال طريقة سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية في مجال البناء عموما ، كما يمكن الاستفادة منها في مجال الآثار وهو اختبار غير متلف حيث يمكن استعماله مباشرة على المباني والحجارة دون خطر و الخشب، حيث يمكن فحص الأسطح بالموجات فوق الصوتية عن طريق استخدام جهاز مصنع لهذا الغرض يسمى بالفاحص الرقمي المحمول بالموجات فوق الصوتية والذي يسمى اختصارا بـ [2] (PUNDIT) شكل رقم (212) جهاز PUNDIT

شكل رقم (212) جهاز PUNDIT
http://www.directindustry.fr

ومن خلال هذه الطريقة يمكن فهم ما يلي :

-اكتشاف الشروخ العميقة(وخاصة غير المرئية).

-تحديد درجة تلف الخشب .

-قيمة مقاومة الخشب للضغط.

- معرفة الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للخشب

2.2- التحاليل الهدامة

تعتبر هذه التحاليل بالرغم من مساوئها ذات نتائج دقيقة تمكننا من معرفة درجات التلف التي تتعرض إليها المادة الأثرية.

- لمعرفة الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية تم استخدام بعض التحاليل الهدامة قصد الدراسة التجريبية لعينات من خشب القلعة للوصول إلى حلول تمكننا من حماية الخشب او استبداله بخشب مماثل له.

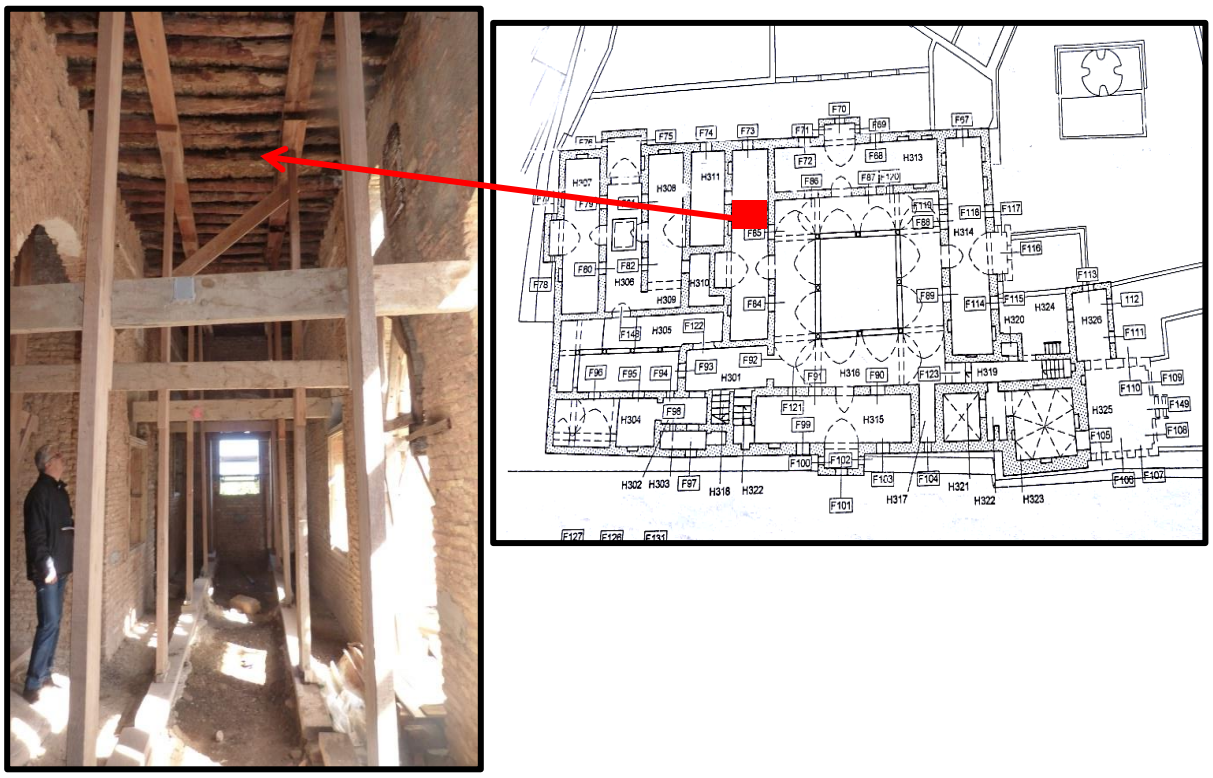
1.2.2- أخذ العينات وتحضيرها

- 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

[2] - عيساوي بوعكاز، المرجع السابق ،ص:184.

علمنا أن المادة المستعملة هي مادة أثرية تعرضت لمختلف عوامل التلف زيادة على عامل الزمن .

- تم أخذ عينات من خشب التويا البربري المستعمل ضمن جدران مباني قلعة الجزائر لوقايتها من الانهيار أثناء الزلازل ومن الأسقف ، وجلبت عينتين من سقف الغرفة رقم H312 من قصر البايات بالطابق الأول بالغرفة الموجودة في الواجهة الشمالية الغربية والمطلة على الصحن ، شكل رقم (213 أ.ب) 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 .



شكل رقم (213أ.ب) 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 ، ثم قطع الأجزاء الهشة من العمود الخشبي (النهايتين) ، وتسوية السطح الخارجي للعينة ، حتى يتسنى الحصول على عينات أوجهها متوازية بشكل سليم ، بعدها تقطيع العينات حسب المقاييس المطلوبة لكل تجربة . الشكل رقم (214 أ.ب.ج) و (215 أ.ب.ج) تحضير وتقطيع العينات .

شكل رقم (214 أ.ب.ج) ازالة الأجزاء الهشة والمسامير من العينات

شكل رقم (215 أ.ب.ج) صور عن تقطيع الخشب إلى عينات متساوية

2.2.2 – تعيين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري

1.2.2.2 – تعيين الخصائص الفيزيائية طبقا للمعايير الفرنسية

أولا - تعيين نسبة الرطوبة بحسب NFB51-004

بحسب المعايير الفرنسية المؤرخة بسبتمبر 1985 تحت الرقم **NFB51-004**، والتي تعرف أن رطوبة الخشب هي كمية الماء الموجودة داخله ، والمحتوات 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 شكل رقم (216 أ) صورة للعينات ذات الشكل غير المنتظم .

- نقوم بوزن كل عينة في الحالة التي نجدها فيها m_h شكل رقم (216 ب) ، ثم نقوم بتجفيف العينات في فرن حرارته (103 ± 4°م) حتى الحصول على الكتلة الثابتة شكل رقم (216 ج)، ويمكن أن نعتبرها ثابتة في حالة ما إذا كان فارق فقدان الوزن بين قياسيين متتاليين وبفارق زمني قدره 4 ساعات أقل أو يساوي 0.5 % من كتلة العينة .

- وزن العينات الجافة بعد تبريدها في منشف m_0 ، على أن يتم الوزن بسرعة حتى نتفادى دخول الرطوبة من جديد وبنسبة تفوق 0.1% .

شكل رقم (216 أ) صورة العينات ذات الشكل العشوائي

شكل رقم (216ب) صورة لوزن العينات

شكل رقم (216 ج) صورة لتجفيف العينات

- 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 والتنشيف .

- 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 (13) نتائج تجربة الرطوبة للعينات ذات الشكل العشوائي .

رقم العينات		m_h (g)	m_0 (g)	H (%)	المعدل %
العينة 01	1	5.80	5.21	11.32	11.13
	'1	6.18	5.57	10.95	
العينة 02	2	5.78	5.17	11.80	11.67
	'2	5.69	5.10	11.57	

جدول رقم (14) نتائج تجربة الرطوبة للعينات ذات الشكل المنتظم .

رقم العينات		m_h (g)	m_S (g)	m_0 (g)	H (%)	المعدل %
العينة 01	3	7.22	8.57	6.51	10.90	10.98
	'3	6.62	7.91	5.96	11.07	
العينة 02	4	6.58	7.95	5.88	11.90	11.80
	'4	6.77	8.11	6.06	11.71	

ثانيا – تعيين الكتلة الحجمية m_v بحسب NFB51-005

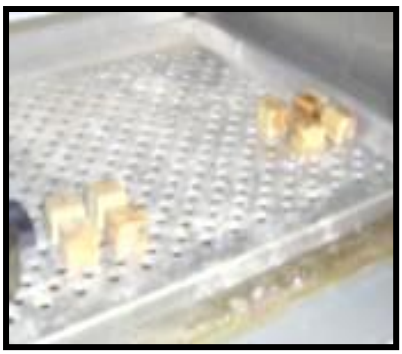
- تؤخذ عينات لها شكل مكعب بطول ضلع (20ملم ± 0.5 ملم) وبنسبة رطوبة تقدر بـ : H=(12 ± 1) % . شكل رقم (217) صورة العينات

- نأخذ مجموعتين من العينات : المجموعة الأولى والتي تستعمل من أجل تحديد الكتلة الحجمية m_{VH} ذات الرطوبة المعينة أثناء التجربة.

- المجموعة الثانية وتكون من أجل تحديد الكتلة الحجمية القاعدية m_{VB} والكتلة الحجمية الجافة m_{VO} ، إذ يكون نظام القياسات كما يلي : 1- الحجم في الحالة المشبعة V_S ، 2- الكتلة في الحالة الجافة m_0 ،والحجم في الحالة الجافة V_0 .

شكل رقم (217 أ) صورة العينات المستعملة للتجربة

شكل رقم (217 ب) صورة توضح وزن العينة



شكل رقم (217 ج)صورة تجفيف العينات في المنشف .

أ- تعيين الكتلة الحجمية الرطبة m_{VH}

- وزن كل عينة بتقريب 0.01غ .

- تحديد حجمها بتقريب 0.03 سم^3 بواسطة جهاز قياس الأحجام ، وفي حالة ما إذا كانت نسبة الرطوبة أقل من درجة التشبع نأخذ المقاييس بواسطة القدم القنوية .

❖ 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± 5°م ، ونصل إلى درجة التشبع إذا كان الازدياد في الحجم ثابتا بين قياسين متتاليين وأقل من 0.01 سم^3 و بفارق زمني مقدر بـ 4 ساعات .

- تعيين الكتلة الجافة

- نجفف العينات في الهواء ثم في فرن حتى الحصول على الكتلة الثابتة ، إذ نرفع درجة حرارة الفرن تدريجيا وببطء حتى 103 ± 2 °م ، 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 :

$$\mathbf{m_{VH} = m_H / V_H} \qquad \mathbf{g/cm^3}$$

حيث : m_H : هي كتلة العينات وهي رطبة بالغرام .

V_H : حجم العينات الرطبة بوحدة سم^3 .

ولحساب الكتلة الحجمية الجافة m_{V0} لكل عينة نستعين بالقانون التالي :

$$\mathbf{m_{V0} = m_0 / V_0} \qquad \mathbf{g/cm^3}$$

حيث : m_0 : هي كتلة العينات الجافة بالغرام .

V_0 : حجم العينات الجافة بوحدة سم^3 .

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

$$\mathbf{m_{VS} = m_S / V_S} \qquad \mathbf{g/cm^3}$$

حيث : m_S : هي كتلة العينات المشبعة بالغرام .

V_S : حجم العينات المشبعة بوحدة سم^3 .

- ولحساب الكتلة الحجمية القاعدية نستعمل القانون التالي :

$$\mathbf{m_{VB} = m_0 / V_S} \qquad \mathbf{g/cm^3}$$

حيث : m_0 : هي كتلة العينات الجافة بالغرام .

V_S : حجم العينات عند التشبع بوحدة سم^3 .

ملاحظة :

يمكن تعيين الكثافة ذات الرطوبة 15% باستعمال القانون التالي :

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

- والجداول من (15) إلى (18) تظهر النتائج المتحصل عليها .

جدول رقم (15) نتائج تجربة الكتلة الحجمية بالرطوبة

رقم العينات		m_h (g)	المقاسات ملم			V_h (cm^3)	M_{Vh} (g/cm^3)	المعدل
			L	T	R			
العينة 01	3	7.22	21.89	21.01	21.22	9.76	0.74	0.74
	'3	6.62	20.63	20.88	20.69	8.91	0.74	
العينة 02	4	6.58	21.45	20.55	20.91	9.22	0.71	0.70
	'4	6.77	21.90	21.56	20.84	9.84	0.69	

جدول رقم (16) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في حالة الجافة

رقم العينات		m_0 (g)	المقاسات ملم			V_0 (cm^3)	M_{V0} (g/cm^3)	المعدل
			L	T	R			
العينة 01	3	6.51	21.86	20.51	20.39	9.14	0.71	0.71
	'3	5.96	20.18	20.09	20.61	8.35	0.71	
العينة 02	4	5.88	21.44	20.03	20.48	8.79	0.67	0.66
	'4	6.06	21.90	21.43	20.54	9.19	0.66	

جدول رقم (17) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في الحالة المشبعة

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

جدول رقم (18) نتائج الكتلة الحجمية القاعدية

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

ثالثا - تعيين التقلص الحجمي (الانكماش) بحسب NFB51-006

أ- 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±2 °م ،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 :

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

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

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

$$r_V = (V_S - V_0) / (V_S . H_S)$$

جدول رقم (19) يمثل نتائج تجربة الانكماش الحجمي الكلي ومعامل الانكماش .

رقم العينات		V_S ($سم^3$)	V_0($سم^3$)	% R_{VT}	المعدل (%)	r_V	المعدل
العينة 1	3	10.54	9.14	13.28	13.82	0.44	0.46
	'3	9.75	8.35	14.36		0.48	
العينة 2	4	9.97	8.79	11.83	10.46	0.39	0.34
	'4	10.11	9.19	9.1		0.30	

ب - 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 (50 ± 0.5) ملم وبسمك (10 ± 0.5) 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 ± 2)°م ، ثم نقوم بوزن العينات بعد تبريدها في جهاز تنشيف ونقيس الأطوال L_{R0} و L_{T0} بواسطة القدم القنوية . شكل رقم (218) صورة العينات المستخدمة في التجربة

شكل رقم (218) صورة العينات المستعملة في تجربة الانكماش

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

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

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

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 :

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

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

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 (20) 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} (%)
العينة 1	3	20.39	20.51	22.03	21.89	7.44	6.30	0.25	0.21
	'3	20.61	20.09	21.70	21.79	5.02	7.80	0.17	0.26
العينة 2	4	20.48	20.03	21.82	21.30	6.14	5.96	0.20	0.2
	'4	20.54	20.43	21.64	21.32	5.08	4.17	0.17	0.14

رابعا- تعيين الانتفاخ

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

- الانتفاخ الحجمي : $G_V = R_{VT} / (100 - R_V) \times 100$ %
- الانتفاخ المماسي : $G_T = R_T / (100 - R_T) \times 100$ %
- الانتفاخ القطري : $G_R = R_R / (100 - R_R) \times 100$ %
- معامل الانتفاخ الحجمي : $g_V = (100 . r_V) / [(100 - r_V) . H_S]$
- معامل الانتفاخ المماسي : $g_T = (100 . r_T) / [(100 - r_T) . H_S]$
- معامل الانتفاخ القطري : $g_R = (100 . r_R) / [(100 - r_R) . H_S]$

جدول رقم (21) 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	0.21	15.31	6.72	8.04	0.50	0.22	0.27
	'3	14.36	7.80	5.02	0.17	0.48	0.26	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	0.2	13.42	6.34	6.54	0.44	0.21	0.21
	'4	9.1	4.17	5.08	0.17	0.30	0.14	10.01	4.35	5.35	0.33	0.14	0.18

3.2.2 - تعيين الخصائص الميكانيكية

1.3.2.2- مقاومة الضغط المحوري الأقصى بحسب NFB51-007

وهو تحديد إجهاد الانكسار تحت قوة ضغط تتزايد تدريجيا ومطبقة بشكل موازي لمحور الخشب الذي يكون خاليا من العيوب .

- العينات

تكون في شكل متوازي الأوجه مربعة من الجهتين بطول ضلع يقدر بـ 20 ملم، وبطول موازي لمحور الخشب بـ 60 ملم ، بحيث تم اختيار أربع عينات من كل عينة .

- خطوات العمل

نقوم بقياس منتصف طول العينة و المقاييس في الاتجاه العرضي ، نضع العينات في وسط جهاز تطبيق الحمولة (عبارة عن قوة محورية مطبقة بواسطة قرصين مزودين بمفصل كروي rotule)، ويتم تطبيق القوة بصفة مستمرة وبسرعة ثابتة حتى انكسار العينة ، مع أن تكون مدة التجربة ما بين 1.5 إلى 2 دقيقة ، تم استعمال جهاز من نوع Zwick/Roell شكل رقم (219 أ.ب.ج) صور عن جهاز الضغط وكيفية القياس ، يوصى بتحديد الضغط المحوري بكل دقة (المقاييس ± 0.05 ملم و القوة ± 1%) .

- بعد انتهاء التجربة نقوم بتعيين رطوبة العينات حسب الخطوات السابقة .

شكل رقم (219 أ) صورة آلة قياس الضغط الطولي

شكل رقم (219 ب) صورة قياس الضغط المحوري للعينة

شكل رقم(219 ج) صورة بداية انكسار العينة نتيجة الضغط

- لحساب ضغط الانكسار بواسطة ضغط محوري C_H لكل عينة لها رطوبة معينة خلال وقت التجربة ووحدته الميغا باسكال نستعين بالقانون التالي :

$$C_H = P / a\,b \qquad (MPa)$$

حيث : **P** الحمولة (القوة) القصوى بالنيوتن ، a , b هما الأطوال بالميليمتر في الاتجاه العرضي للعينات .

- ثم نقوم بحساب إجهاد الانكسار المحوري في رطوبة تقدر بـ 12% C_{12} بواسطة القانون التالي :

$$C_{12} = C_H [\ 1+ c\ X\ (\ H-12)\ ] \qquad (MPa)$$

حيث : c هو معامل كمية الرطوبة في الضغط المحوري (حدد المعامل c لكل عينة رطوبتها بين 7 - 18% بقيمة 0.04) .

2.3.2.2– مقاومة الانحناء السكوني σ

وهو مقياس المرونة الطولي ، وهو خاصية أولية ضرورية لعمل الهياكل أو القطع الخشبية، والمطلوب بكثرة هو الانثناء المتوازي بحسب الاتجاهات المختلفة والموازية للألياف ، ومقياس الليونة الطولي يكون ثابتا نظريا في رطوبة تقدر بـ 12 % ، وهي خاصية ميكانيكية مرجعية والتي تتناسب مع الحمولة (الثقل) والتشوه وتعد بمثابة معيار لصلابة الخشب .

- المبدأ

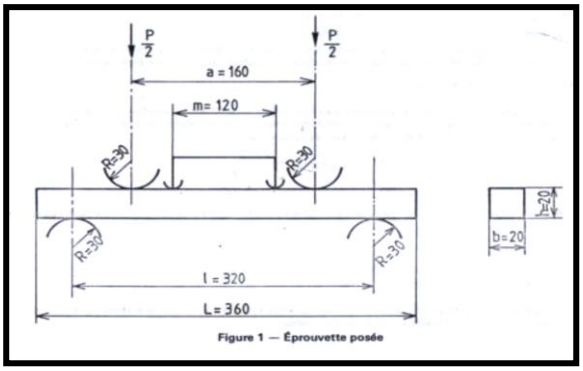
بحسب المعيار الفرنسي المؤرخ في ديسمبر 1987 (NF B51-016) والذي يعرفه بمعدل الليونة في منطقة الانثناء الحقيقية بتشوه مطاطي لعينة تخضع لضغط متزايد تدريجيا ومطبق عموديا على ألياف أو محور الخشب .

- العينات

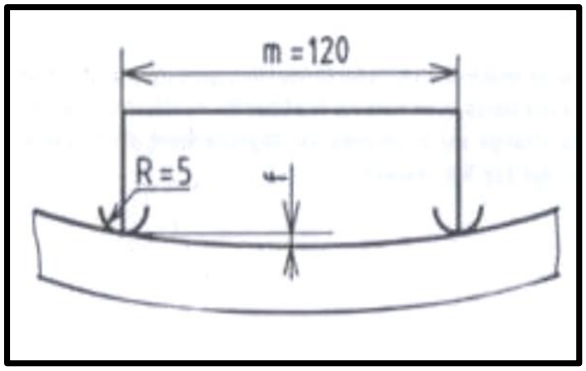
على العينات أن تكون في شكل متوازي الأوجه مربعة من الجهتين بطول ضلع يقدر بـ : 20± 0.2 ملم ، وطول موازي لألياف الخشب يقدر بـ : 360 ± 4ملم ، وتم اختيار أربعة عينات من كل عينة .

نقوم بقياس أطوال منتصف العينات (الأبعاد العرضية والطول) ثم وزن العينات قبل العملية.

- نضع العينة في جهاز الثني بحيث نطبق فيها ضغط بكتلة يكون بالتوازي مع حلقات الخشب حيث : I = 320mm a = 160 mm الشكل رقم (220 أ) كيفية وضع العينة ، والشكل رقم (220 ب) كيفية قياس قيمة الانحناء .



شكل رقم (220 أ) كيفية وضع العينة



شكل رقم (220 ب) كيفية قياس قيمة الانحناء

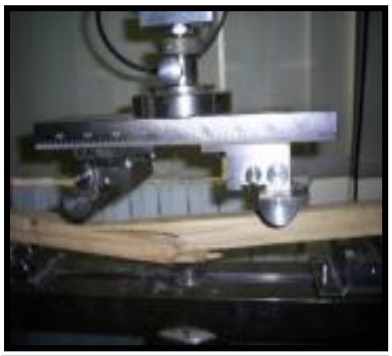
- وضع سند مجهز بأداة قياس السهم على السطح العلوي أو السفلي للعينة ومساواة المسافة بين رؤوس الحمولة والدعامات ، نقوم بتجربة أولية لمراقبة المنحنى (الثقل والسهم) الذي يكون خطيا ، وفي حالة الضغط وتعديل الحمولة الدنيا والقصوى وقياس الجوانب المستقيمة من المنحنى .

- نقوم بوضع الرأسين الأسطوانيين للحمولة في اتصال مباشر على الوجه العلوي ثم نقوم بتحميلها حتى $P_1 = 600$ N وبسرعة 30±10 ثا التي تكون ثابتة أثناء تطبيق الثقل والتغيير النسبي العرضي للمفصل الكروي بالنسبة لدكة الانثناء ، ثم نقوم بخفض الحمولة بنفس الشروط إلى غاية P_2= 200N ونعيد العملية مرتين .

- عند وصول الثقل إلى 200 نيوتن نقوم بقياس الشعاع في أقل من 10 ثا ، ثم نعيد تحميله إلى 600 نيوتن في نفس الظروف السابقة ونعيد قياس درجة التقوس والانحناء . والشكل رقم من (221 أ.ب.ج) تمثل الجهاز و كيفية قياس الانحناء .

شكل رقم (221 أ) صورة الجهاز المستعمل في قياس ضغط الانحناء.

شكل رقم (221 ب) صورة العينة عند قياس الانحناء



شكل رقم (221 ج) صورة انكسار العينة نتيجة الحمولة المطبقة

- نقيس التقوس الأقصى F_1 والأدنى F_2 في 3 دورات من التحميل والتفريغ المتتالي ، في حالة ما إذا تجاوزت النهاية الخطية بين الثقل والتقوس القياسات المطلوبة يجب التوقف عن تعيين مقياس الليونة بالانثناء .

- لحساب مقياس الليونة في الانثناء الموازي للألياف الخشبية E_{LH} لكل عينة لها نسبة رطوبة معينة خلال وقت التجربة ، نستعين بالقانون التالي :

$$E_{LH} = [\ 3P(I-a)\ m^2\ ] /\ 8bh^3f \qquad MPa$$

حيث :

P : هو الثقل الكلي للانثناء بوحدة النيوتن ، ويساوي معدل التغيرات بين الثقل الأقصى والأدنى المطبق أثناء 3 مرات من التجربة .

I : هي المسافة بين خطي الدعامتين الأسطوانيتين بوحدة الميليمتر mm .

a : هي المسافة بين رأسي الحمولة بالميليمتر mm .

m : المسافة بين خطي الأسطوانتين للسند في جهاز قياس الانحناء بالميليمتر mm .

b : عرض العينات بالميليمتر mm . / h : ارتفاع العينات بالميليمتر mm .

f : التقوس بالميليمتر للعينة في منطقة الانثناء ، وهي المعدل بين الانحناء الأقصى f_1 والأدنى f_2 لـثلاث دورات من التجربة .

إذا اختلفت رطوبة العينات وقت التجربة عن 12% ، وكانت محصورة بين 10 % و14% ، فمن الممكن الحصول على مقياس الليونة أثناء الانثناء الموازي لألياف الخشب E_{LH} في نسبة رطوبة تقدر بـ 12% بالاستعانة بالقانون التالي :

$$E_{12} = E_{LH} [1+c_L(H – 12)] \ MPa$$

حيث : c_L هو معامل تصحيح مقياس الليونة بالانثناء بحسب الرطوبة لنوع الخشب المقصود .

3.3.2.2- الانحناء الأقصى flexion maximale

وهو عبارة عن تعيين ضغط الانكسار خلال الانحناء بواسطة آلة تطبق ضغطا عموديا على محور الخشب .

- العينات و مبدأ العمل

تؤخذ عينات لها شكل متوازي الأوجه مربع من الجانبين طول ضلعه (±20 0,2) ملم ، وبطول موازي لمحور الخشب يقدر بـ : (±360 4) ملم .

- نقيس منتصف العينات ، والأبعاد الطولية وفي المقطع العرضي بكل دقة ، ثم نزن العينات قبل بدأ التجربة .

- نضع العينات على الدعامتين على دكة جهاز الثني ،بحيث نطبق الضغط بصفة موازية للحلقات بحسب شروط الشكل ، حيث : $a= 160 \ mm \ , \ I = 320 \ mm$.

- ثم نضع الرأسين الأسطوانيين للثقل في تماس مع الوجه العلوي للعينة ، ثم نرفع حمولة الثقل المستعمل للانثناء بسرعة ثابتة حتى تنكسر العينة، ويجب أن تكون مدة التجربة 1,5± 0,5 دقيقة .

- تعيين الثقل الكلي المطبق حتى انكسار العينة P من دون أن نأخذ بعين الاعتبار الانكسارات التي تحدث خارج منطقة الانثناء الحقيقية ، وفي نهاية التجربة نقوم بتعيين رطوبة العينات كما رأينا سالفا .

لحساب ضغط الانكسار في الانثناء الستاتيكي δ_{FH} لعينة لها رطوبة معينة أثناء التجربة ، نستعمل القاعدة التالية :

$$\delta_{FH} = [\ 3P(I - a)\ ] / 2bh^2 \qquad MPa$$

حيث :

P : الثقل الكلي المطبق حتى الانكسار خلال الانثناء ووحدته النيوتن .

I : المسافة بملم بين خطي الدعامتين الأسطوانيتين .

a : المسافة بملم بين رأسي الحمولة . / b : عرض العينات بملم . / h : ارتفاع العينات بملم.

- إذا اختلفت رطوبة العينات أثناء التجربة عن 12% ، وبقيت محصورة بين 10 و14% فمن الممكن الحصول على أقصى ضغط للانكسار أثناء الانثناء السكوني δ_F برطوبة 12% بمساعدة القاعدة التالية :

$$\delta_{F12} = \delta_{FH} [\ 1+c_F (H- 12)]\quad MPa$$

حيث : c_F هو معامل التصحيح لمقاومة الانثناء لرطوبة النوع المستعمل من الخشب .

4.2.2 - نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية والميكانيكية

1.4.2.2 - نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية

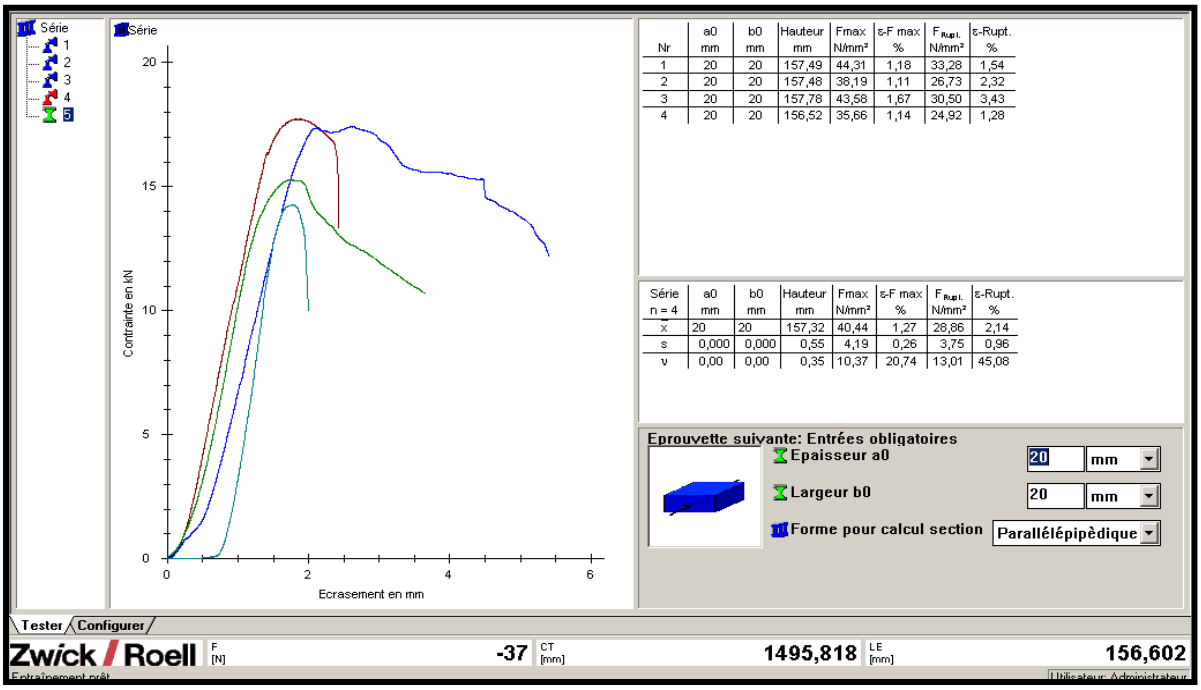
جدول رقم (22) نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية

	العينة1		معدل العينة 1	العينة 2		معدل العينة 2
	1	'1		2	'2	
m_H (g)	7.22	6.62		6.58	6.77	
m_0 (g)	6.51	5.96		5.88	6.06	
m_S (g)	8.57	7.91		7.95	8.11	
H (%)	10.90	11.07	10.98	11.90	11.71	11.80
V_H (cm^3)	9.76	8.91		9.22	9.84	
V_0 (cm^3)	9.14	8.35		8.79	9.19	
V_S (cm^3)	10.55	9.75		9.97	10.11	
mv_H (g/cm^3)	0.74	0.74	0.74	0.71	0.69	0.70

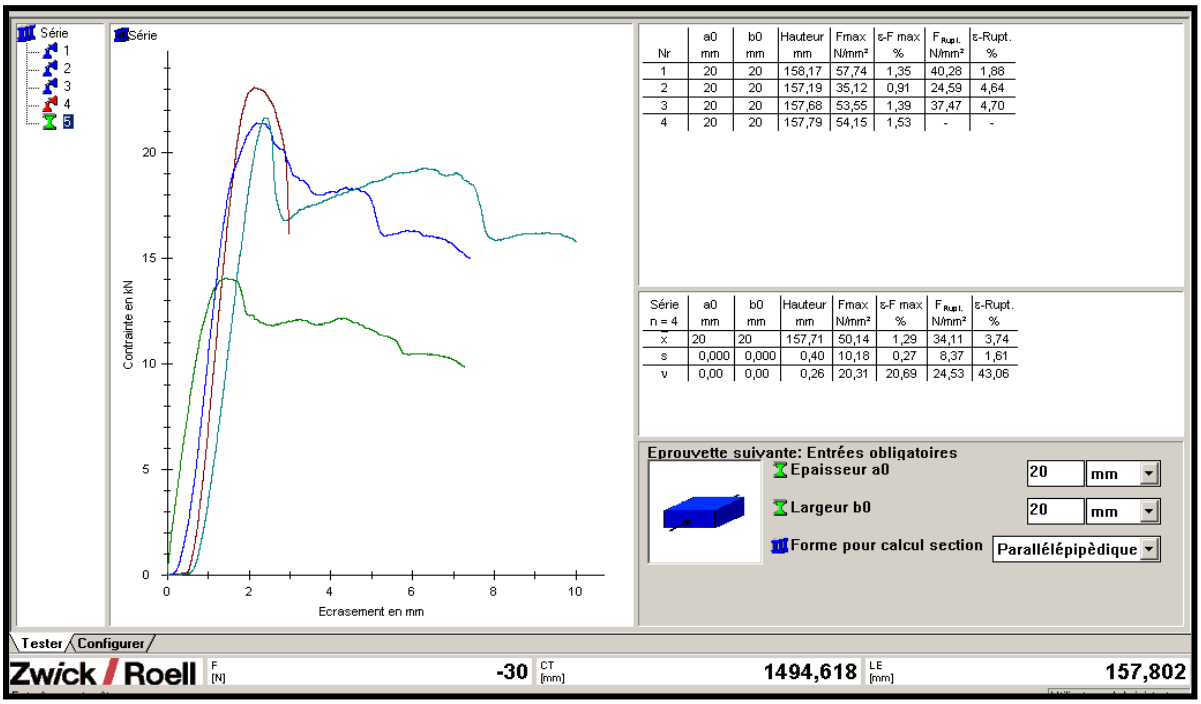
0.66	0.66	0.67	0.71	0.71	0.71	mv_0 (g/cm^3)
0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	mv_S (g/cm^3)
0.59	0.60	0.59	0.61	0.61	0.62	mv_B (g/cm^3)
0.52	0.51	0.53	0.50	0.51	0.49	D_{15} (g/cm^3)
10.46	9.1	11.83	13.82	14.36	13.28	R_{VT} (%)
5.61	5.08	6.14	6.23	5.02	7.44	R_R (%)
5.06	4.17	5.96	7.05	7.80	6.30	R_T (%)
0.34	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

2.4.2.2- نتائج تجارب الخصائص الميكانيكية

أولا – نتائج تجربة الضغط المحوري

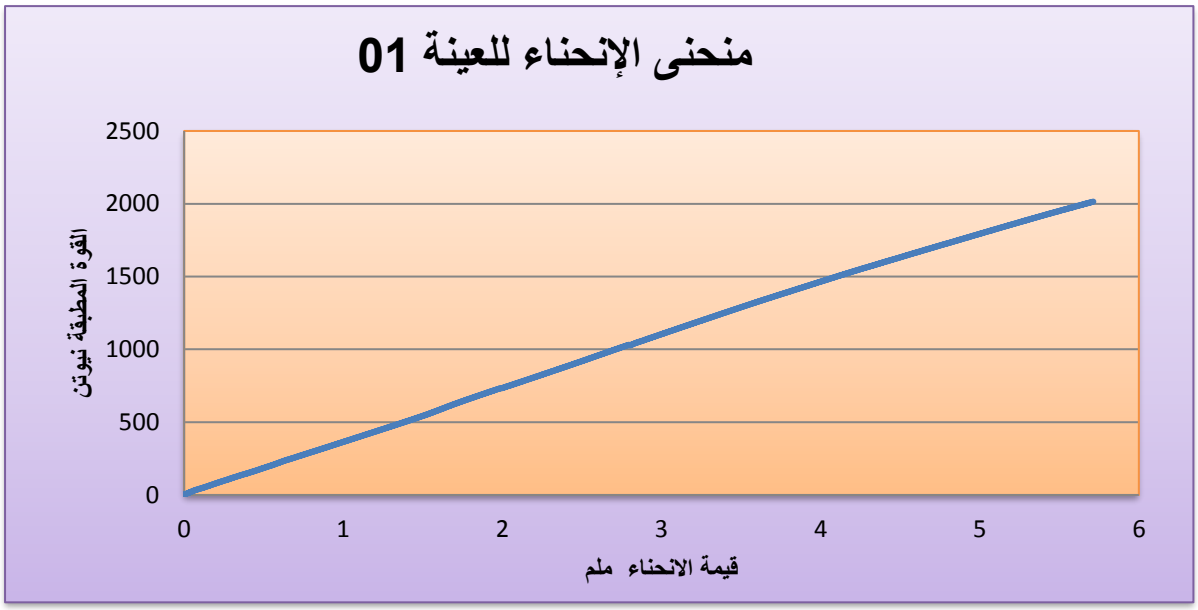


شكل رقم (222) منحنيات بيانية لتجربة الضغط المحوري للعينة رقم 1

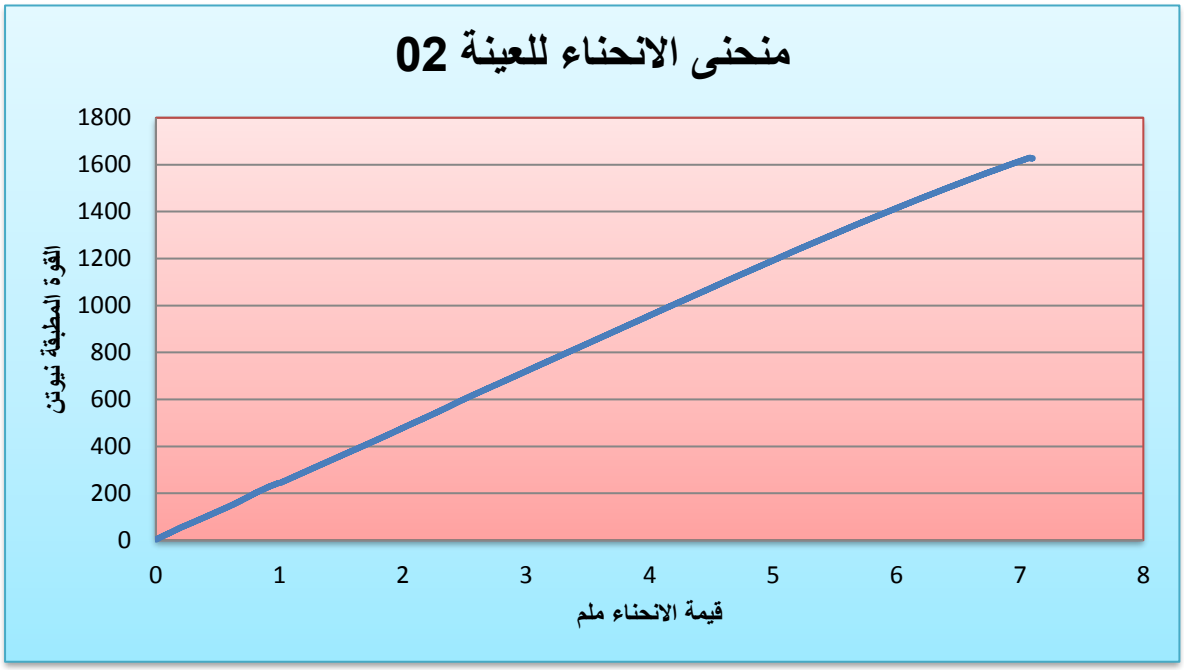


شكل رقم (223)منحنيات بيانية لتجربة الضغط المحوري للعينة رقم 2

ثانيا – نتائج تجربة الانحناء



شكل رقم (224) منحنى بياني لنتائج تجربة الانحناء للعينة 1



شكل رقم (225) منحنى بياني لنتائج تجربة الانحناء للعينة 2

والجدول التالي يلخص الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري

جدول رقم (23) الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري

	الضغط الموازي ميغا باسكال	الانحناء ميغا باسكال	مقياس الليونة الطولي ميغا باسكال
العينة 1	57	132	15853
العينة 2	51	127	7791.5

5.2.2 – تفسير وتحليل 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 مثلا ، 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 للعينة 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 تزيد الرطوبة تزيد الكتلة الحجمية والعكس ، بسبب الزيادة في الكتلة ومقاسات العينات نتيجة امتصاص الماء .

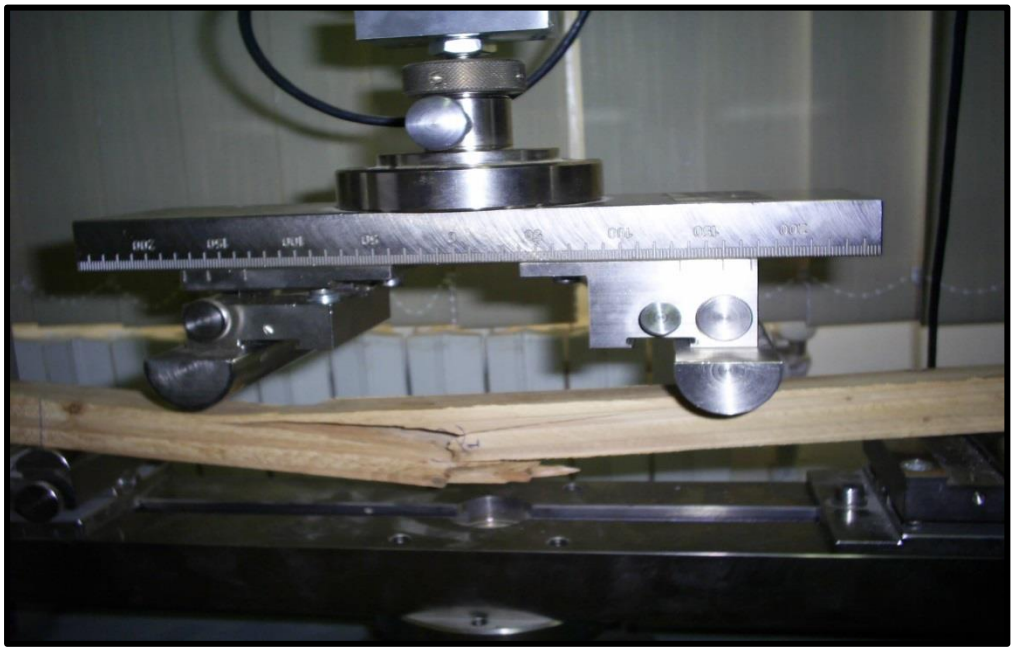
- عند تعيين الكثافة برطوبة 15 % أظهرت النتائج أن خشب العينتين من الأخشاب النصف ثقيلة ، فكان معدل العينة الأولى هو 0.50 غ/سم^3 بينما العينة الثانية فقدرت كثافتها 0.52 غ/سم^3 ، وهي ضمن نتائج كثافة خشب العرعر البربري الذي تختلف تبعا للمكان الذي تنمو به ، والمنطقة التي تؤخذ منها العينات على مستوى الجذع نفسه ، 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 والعكس ، 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 الحجمي ، 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 خشب العينة الأولى 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 .

- تتأثر الخصائص الميكانيكية بالرطوبة فكلما ارتفعت نسبة رطوبة الخشب ضعفت خصائصه الميكانيكية ، والعكس صحيح .

- كما أن الخصائص الميكانيكية تتأثر بوجود العيوب كالعقد مثلا التي تقلل من المقاومة الميكانيكية ، وكذلك التلف الذي يضعف بنية الخشب ويقلل من مقاومته ، وهذا ما لاحظناه في العينة رقم 2_1 والتي عند تعريضها إلى تجربة الانحناء انكسرت على مستوى العقدة الموجودة بها ، شكل رقم (226) انكسار العينة لوجود العقدة بها .



شكل رقم (226) انكسار العينة رقم 2 نتيجة تجربة الانحناء .

- يمتلك خشب العرعر البربري مقاومة جيدة للضغط في اتجاه الألياف ، كما أن مقاومته للانحناء جيدة أيضا نتيجة تراص خلاياه بشكل جيد ، وكذلك لطول فترة نموه لذلك تكون جدران الخلية متينة ، ولكن التجفيف الشديد يجعله أقل مقاومة للانحناء نتيجة اعتباره من الأخشاب الصلبة .

3 - الخلاصة

تختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر تبعا لحالة العينات وخلوها من العيوب ومظاهر التلف المختلفة ونسبة رطوبته .

- تصنف أخشاب العرعر البربري ضمن الأخشاب الراتينجية الثقيلة .

- تصنف العينات ضمن الأخشاب الجافة لأن معدل رطوبتها أقل من 15% ، وهذا ما يضمن حماية من العوامل البيولوجية ، لأن الأخشاب الجافة أقل تعرضا لهجوم الفطريات والحشرات .

- يعد خشب العرعر البربري أكثر ثباتا من حيث التغير في الأبعاد سواء في الاتجاه المماسي أو القطري نتيجة نموه البطيء ، ولهذا فقد استعمل بكثرة في عمليات البناء في الفترة العثمانية .

- لخشب العرعر البربري انكماش متوسط وهذا ما يجعل نسبة التشققات به متوسطة أيضا إذ يمكن استعماله كأخشاب مستديرة من دون قطعه إلى ألواح ، كما أنه يعتبر من الأخشاب العصبية التي تستعمل خاصة في البناء التسقيف مثلا .

- يتمتع هذا الخشب بمقاومة جيدة للضغط في الاتجاه المحوري ، كما أنه يقاوم بشكل جيد الانثناء .

المحور الثالث : اقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة

الفصل الرابع :عوامل التلف، الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة

المحور الثالث : اقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة

تمهيد

1- اختيار الأخشاب المناسبة وتحضيرها

2- معالجة وحماية خشب القلعة

3- ترميم خشب القلعة

4 – الخلاصة

تمهيد

تم استخدام الخشب في قلعة الجزائر في مجالات مختلفة، فاستعمل كمادة بناء حيث تم ادماجه في الجدران لمزيد من المتانة والقوة، كما استخدم في التسقيف وفي أرضيات الغرف، وفي الضلات على الأبواب الخارجية لتوفير الحماية من الأمطار وأشعة الشمس، وفي أسكف الأبواب والنوافذ وكإطارات لها أيضا ، وفي الأبواب والنوافذ أيضا ، أما عن استعماله كمادة تزينية زخرفية فنجده في الأثاث وفي الدرابزين ، وبعض الأسقف المزخرفة والمتعددة الألوان .

ونتيجة لتنوع الاستعمال فإن تأثير عوامل التلف يكون مختلفا أيضا ، وهذا الذي يؤدي إلى تنوع مواد وطرق العلاج والصيانة ، وبعد التعرف على مختلف العوامل المؤثرة على الخشب في القلعة ، ومختلف المواد الممكن استعمالها تبعا لنوع التلف وتأثير المحيط ، وخصائص خشب العرعر البربري المستعمل فإنه ينبغي أن تكون الصيانة والترميم بطريقة جيدة وسليمة ، لتفادي تدهوره في المستقبل .

1- اختيار الأخشاب المناسبة وتحضيرها

ينبغي مراعاة بعض الشروط أثناء مشاريع الصيانة والترميم للمباني الأثرية والتي يمكن أن نجملها فيما يلي :

- يجب أن تكون الأخشاب المستعملة في الترميم جافة وخالية من العيوب .
- يجب أن تصنف الأخشاب الجديدة إلى درجات على أساس قطر واستقامة الخشب وخلوه من العيوب والعقد ، وتغيرات القطر والوزن والطول ، ثم تصنف لاستخدامها كجسور رئيسية أو فرعية في الأسقف .
- يجب إزالة القشرة وفروع الأغصان من على الجذوع وتسويتها ، لأن القشرة أكثر الطبقات مهاجمة من الحشرات .
- يجب معالجة الأخشاب الجديدة في أحواض معالجة خاصة بالغمر الكامل بالماء والمواد الكيميائية ضد الفطريات والحشرات ، والأفضل أن يتم استعمال حجرات الضغط autoclave لمعالجة هذه الأخشاب وهذا حتى يتسنى ادخال المواد لعمق الخشب .

- استعمل في قلعة الجزائر خشب العرعر البربري ، الصنوبر الحلبي و خشب الأرز في التسقيف أو النجارة (كالأبواب، النوافذ، الدرابزين، المشربيات) لذلك يجب ان تكون الاخشاب البديلة لها نفس خصائص الفيزيائية والميكانيكية للأخشاب المستعملة.

1.1- الخشب المستعمل سابقا في الترميم

حسب ما درسناه سابقا نرى أنه تم اقتراح ثلاثة أنواع من الخشب لترميم القلعة في فترات مختلفة ، اثنان منها محلي والأخر مستورد .

1.1.1- الخشب المستورد

اقترح خشب التويا المستورد لاستبدال الخشب المستعمل في التسقيف في القلعة من قبل PKZ ، وهو خشب يتم استيراده من المناطق المعتدلة وبلدان نصف الكرة الشمالي ، وبالرغم من أنه من نفس الفصيلة والجنس الخشبي إلا أنه يختلف في الخصائص الفيزيائية والميكانيكية عن خشب العرعر البربري المستعمل في القلعة ، فكتلته الحجمية أقل وليس له تجانس من حيث التغير في الأبعاد ما يعرضه للتشقق في جو القلعة المعروفة بنسبة الرطوبة المرتفعة ، ولهذا لا ينصح باستعماله هذا من جهة ، ومن جهة أخرى التكلفة الباهظة أثناء استيراده مما يجعل ميزانية ترميم الخشب تفوق السعر المعقول .

2.1.1- الخشب المحلي

1.2.1.1- خشب بلوط الزان

اقترح خشب بلوط الزان للترميم وتم استعماله لاستبدال الأسقف الخشبية وهو مجلوب من غابة أكفادو ببجاية ، وبالرغم من التكلفة المعقولة لجلبه ، إلا أنه يختلف تماما عن الخشب الأصلي فهو ينتمي للأخشاب الورقية الصلبة ، ونعلم أنه في الترميم ينصح باستعمال مواد مماثلة ولها نفس الخصائص حتى لا تؤثر على غيرها ، حيث أن خشب بلوط الزان أكثر صلابة من العرعر البربري وليس له تجانس من حيث التغير في المقاسات ، زيادة على عدم وجود الراتينجات التي تحميه من الفطريات والحشرات (الديمومة الطبيعية للعامل البيولوجي) .

2.2.1.1- خشب العرعر البربري

أقترح وتم الترميم به وهو مجلوب من غابات تلمسان ، له نفس الخصائص تقريبا مع خشب القلعة (بحكم أن خصائص الخشب تختلف بحسب أماكن الغابات تبعا للتربة والمناخ والارتفاع عن مستوى سطح البحر) ، غير أن المسافة البعيدة تجعله اكثر تكلفة و جهدا .

2.1- الخشب المقترح للترميم

- بعد الدراسة والبحث نقترح خشب مماثل لخشب العرعر البربري الموجود في القلعة، والذي يمكن الحصول عليه بأقل تكلفة وفي أسرع وقت لقرب المسافة إما من بلدية مزغنة ولاية المدية ، أو مليانة بولاية عين الدفلى .

1.2.1- خشب غابة مزغنة (تابلاط)

يمكن الحصول على العرعر البربري من غابات بلدية مزغنة بولاية المدية دائرة تابلاط ، وهي مقسمة إلى كتلتين ذراع طبال الشرقي بمساحة تقدر بـ 196 ألف هكتار ، وذرع طبال الغربي بمساحة مقدرة بـ 45 ألف هكتار ، إذ تحتوي على أشجار جيدة وذات طول مقبول يمكن استعمالها في تجديد الأسقف ، كما نجدها في منطقة تدعى بذراع الوسط ، وتنمو مع الضرو والصنوبر والبلوط ، والشكل رقم (227) يمثل مناطق انتشار العرعر البربري في دائرة تابلاط على صورة جوية ، الشكل رقم (228) صور لغابة العرعر البربري بتابلاط ، الشكل رقم (229) صور أشجار العرعر البربري من غابة تابلاط .

أماكن تواجد شجر العرعر البربري — الطريق الفاصل

شكل رقم (227) صورة جوية لمناطق انتشار العرعر البربري بغابة مزغنة .
عن مقاطعة الغابات بتابلاط ولاية المدية

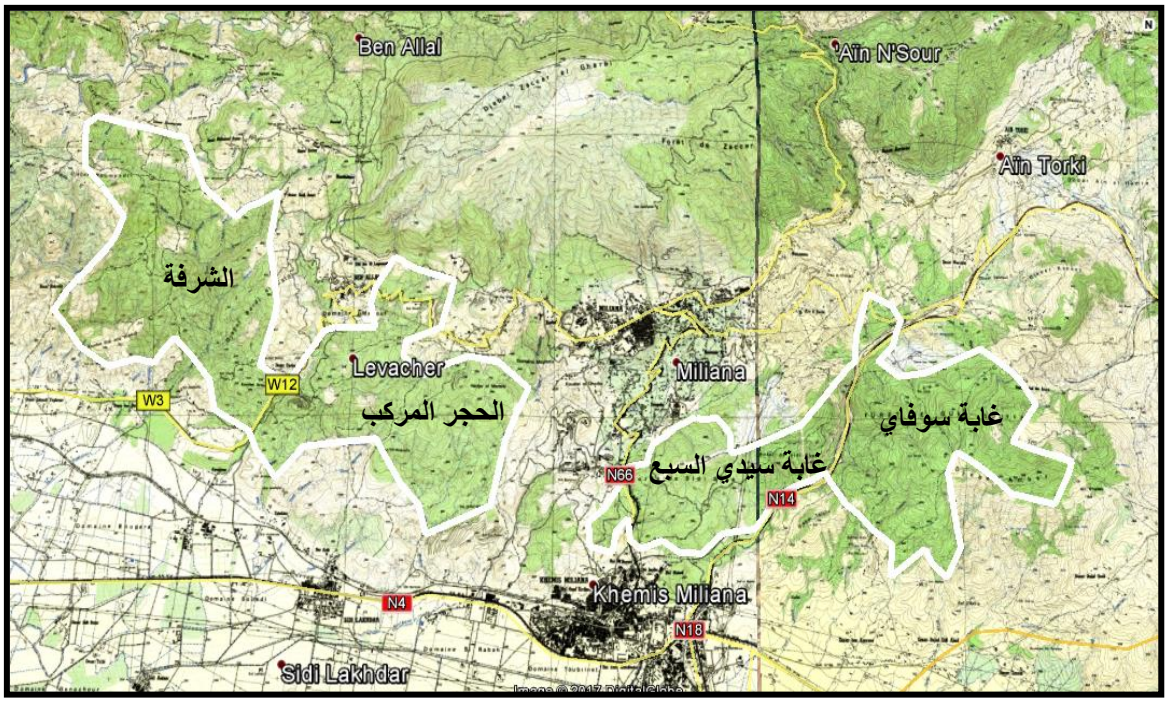
شكل رقم (228) صور لغابة العرعر البربري بتابلاط . عن الباحثة

شكل رقم (229) صور لأشجار العرعر البربري بغابة تابلاط . عن الباحثة

2.2.1- خشب غابات مليانة

يمكن الحصول على خشب العرعر البربري أيضا من مليانة بعين الدفلة إذ أفادنا عمال مديرية الغابات على أماكن انتشارها في المنطقة ، حيث تنتشر مختلطة مع الزيتون البري والضرو في كل من سيدي سبع ، وغابة سوفاي على مساحة تقدر بـ 1607 هكتار ، وفي كل من الحجر المركب والشارفة في الجهة الغربية من جبل زكار ، وتغطي مساحة تقدر بـ 2430 هكتار ، و عليه نضمن نقص تكلفة الشحن و ربح الوقت .شكل رقم (230) و(231) يبين مناطق انتشار العرعر البربري في جبل زكار بمليانة على صورة جوية وعلى خريطة طبوغرافية ، شكل رقم (232) صور الغابة على طريق عريوة بمليانة ، شكل رقم (233) صور لأشجار العرعر البربري بغابة مليانة .

شكل رقم (230) صورة جوية لمناطق انتشار العرعر البربري بجبل زكار بمليانة .
عن المديرية العامة للغابات بمليانة بولاية عين الدفلى



شكل رقم (231) خريطة طبوغرافية لمناطق انتشار العرعر البربري بجبل زكار بمليانة .
عن المديرية العامة للغابات بمليانة بولاية عين الدفلى

شكل رقم (232) صور للغابة الموجودة على طريق عريوة بمليانة . عن الباحثة

شكل رقم (233) صور لأشجار العرعر البربري بغابة بمليانة . عن الباحثة

2- معالجة و حماية خشب القلعة

1.2 – حماية الأخشاب ضد الماء

إذا لم يتم معالجة الأخشاب، فإنها تظل عرضة للتشقق وتغير الشكل، ويمكن أن تصاب بالعفن ، ولكي نطيل عمر الخشب يجب أن نعالجه بطريقة تحصنه ضد الرطوبة والماء باستخدام أحد المنتجات المخصصة لذلك و عليه نقترح ثلاث طرق لحماية الخشب في القلعة.

1.1.2- حماية الخشب باستخدام الزيت

لحماية الخشب من الماء اخترنا باب غرفة الداي بقصر الداي ، ويمكن تطبيقها أيضا على واجهات مقصورة الداي، والنوافذ والأبواب والدرابزين ، شكل رقم (234) باب غرفة الداي.

شكل رقم (234) باب غرفة الداي . عن الباحثة

أولا - الأدوات والمواد اللازمة

زيت (الجوز أو بذرة الكتان أو التانج)، زيت تربنتين (اختياري)، أوراق صنفرة (ناعمة وخشنة)، قطع قماش خالية من الوبر، قطع قماش إضافية، قطع ناعمة من الصوف المعدني .

ثانيا- اختيار الزيت المناسب

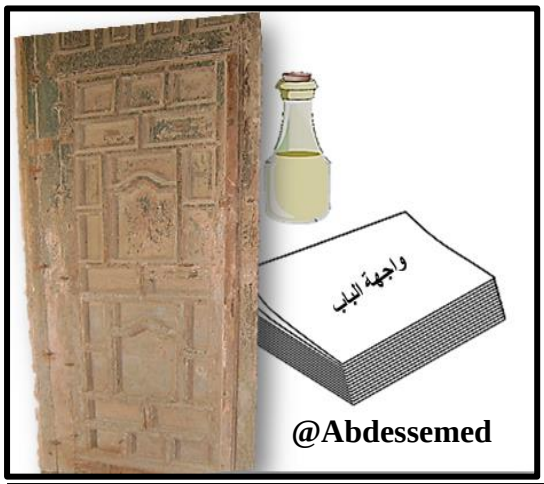
شكل رقم (235) الزيوت المستخدمة عن الباحثة

- أكثر أنواع الزيوت شيوعًا في معالجة الخشب ضد الماء هي زيت بذرة الكتان وزيت التانج وزيت الجوز، ويمكن الحصول على زيت التانج جاهزًا كخليط في العديد من المنتجات التجارية، أما زيت التانج الخام فيكون أغلى من الزيوت الأخرى، لذلك يستخدم عادةً في المشغولات الخشبية الصغيرة. شكل رقم (235) الزيوت المستخدمة

- يمكن شراء زيت بذرة الكتان من العديد من متاجر المعدات والأدوات، ويمكن الحصول عليه في صورة خام أو مغليّ.

- يحتوي زيت بذرة الكتان المغلي على بعض المجففات المعدنية السامة، لكنه يصلح للاستخدام الخارجي .

ثالثا ـ تحديد الأوجه الخشبية



شكل رقم (236) تحديد الواجهة للتنظيف و اختيار الزيت المناسب .

- بالنسبة للأعمال الخشبية الكبيرة، يمكن أن نستخدم صبغة خارجية وغالق للمسام ، أما الزيت فيناسب المشغولات الخشبية الصغيرة ، مثل النوافذ والأبواب .

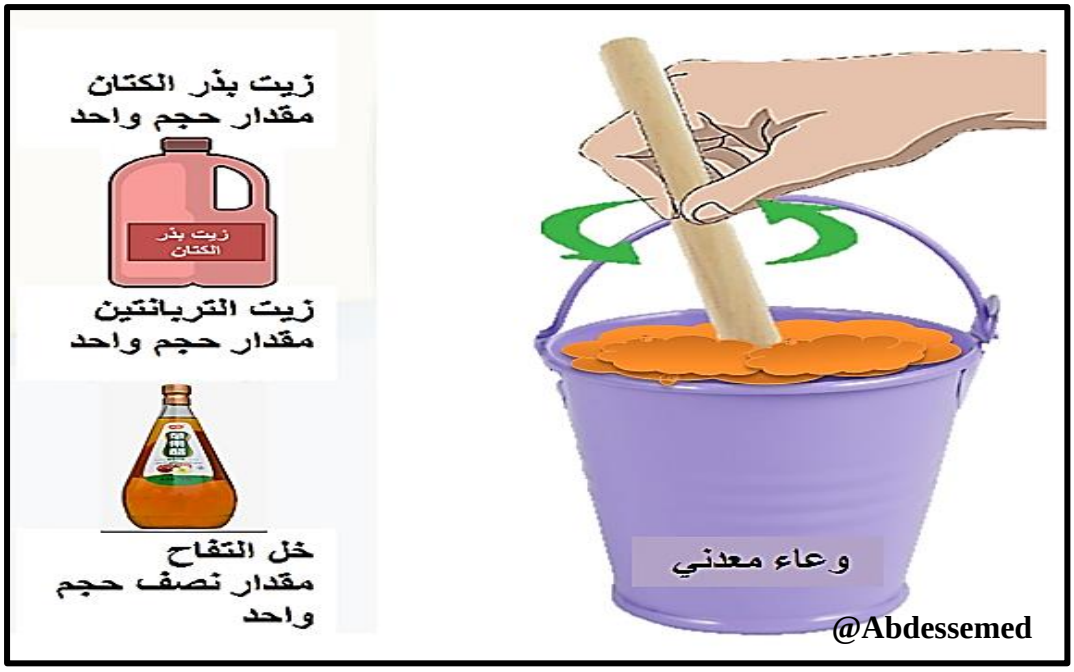
- كتابة قائمة الأخشاب المراد علاجها فهذا سيساعد على تحديد كمية الزيت التي سنحتاج إلى شرائها ، ومن مزايا معالجة الأخشاب بالزيوت أنها تحافظ على الخشب لعدة سنوات.

- توفير الكمية المناسبة أثناء العلاج . شكل رقم (236) تحديد الواجهة واختيار الزيت المناسب .

رابعا- تحضير الخليط

- يمكن أن نحقق معالجة أقوى وأكثر فاعلية في الحماية من الماء من خلال خلط الزيت مع التربنتين وخل التفاح، وذلك من خلال خلط مقدار من الزيت (سواء كان زيت تانج أو بذر كتان أو جوز) ومقدار من زيت التربنتين ونصف مقدار من خل التفاح، وسيؤدي هذا الخليط إلى توفير كمية الزيت مع إعطاء سطح أكثر تحملا .

- نخلط المكونات في وعاء معدني حتى تمتزج معا. شكل رقم (237) تحضير الخليط .



شكل رقم (237) تحضير الخليط .

خامسا- تجهيز الخشب

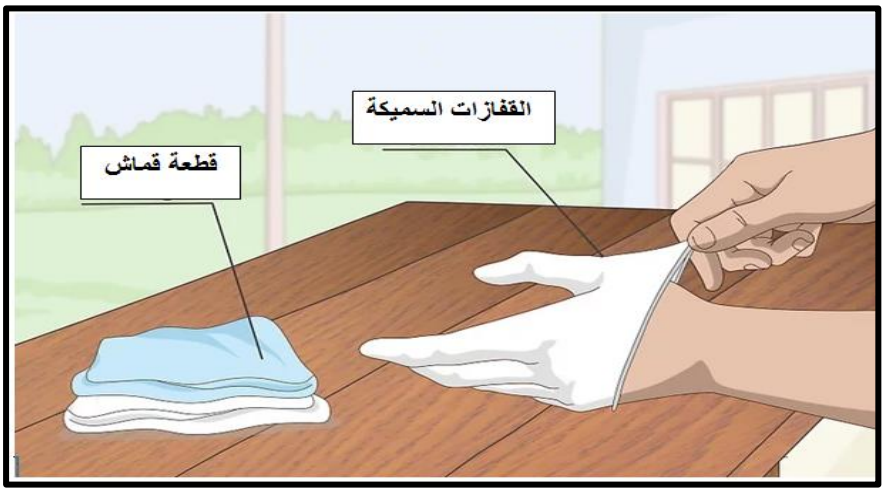
شكل رقم (238) تجهيز سطح الباب للمعالجة .

بسبب العيوب الكثيرة على سطح الخشب المستعمل في القلعة ، ونظرا لأنها ستصبح أكثر وضوحا بعد معالجتها بالزيت ،الذي يعمل على زيادة نصوع الألوان لذلك علينا أن نستعمل المبرد أو ورق صنفرة كثيف لكي نتخلص من أي نتوءات أو عيوب في الخشب، ونستمر في تقليم وصنفرة العيوب حتى يصبح السطح الخشبي مستويًا. شكل رقم (238) تجهيز السطح للمعالجة .

- الخطوة التالية هي صنفرة السطح الخشبي بورقة صنفرة ناعمة (رقم 220)، والتي ستجهز السطح لامتصاص الزيت.

- نمسح السطح ونخلصه من أي بقايا عليه باستخدام قطعة قماش نظيفة وجافة قبل أن نضع الزيت، ويجب أن يكون سطح الخشب جافًا قبل استخدام الزيت عليه .

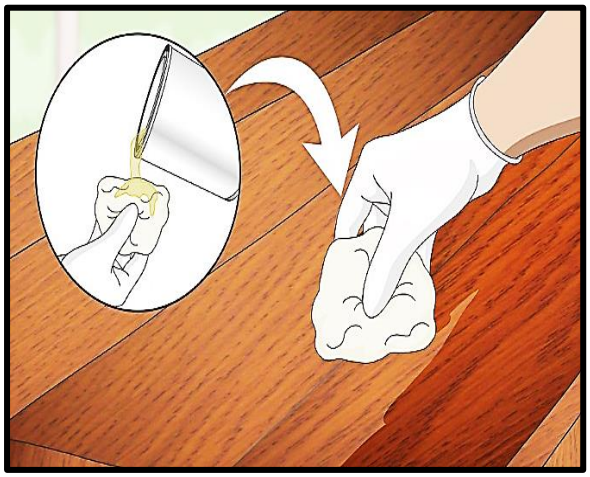
- نقوم بثني قطعة قماش لا تحتوي على وبر وغيرها من قطع القماش التي سوف نحتاجها في تطبيق الزيت، لأن ثني القماش يقضي على الحواف غير المنتظمة التي قد تؤثر على طبقة الزيت أثناء تطبيقها، وعلينا أن نستخدم قفازات سميكة عند التعامل مع الترابنتين أو غيره من المنتجات التي تحتوي على الأبخرة المعدنية. شكل رقم (239) ثني قطعة القماش ولبس القفازات.



شكل رقم (239) ثني قطعة القماش ولبس القفازات
بتصرف https://ar.wikihow.com

سادسا – وضع طبقات الزيت

- وضع الطبقة الأولى



شكل رقم (240) وضع الطبقة الأولى من الزيت
بتصرف https://ar.wikihow.com

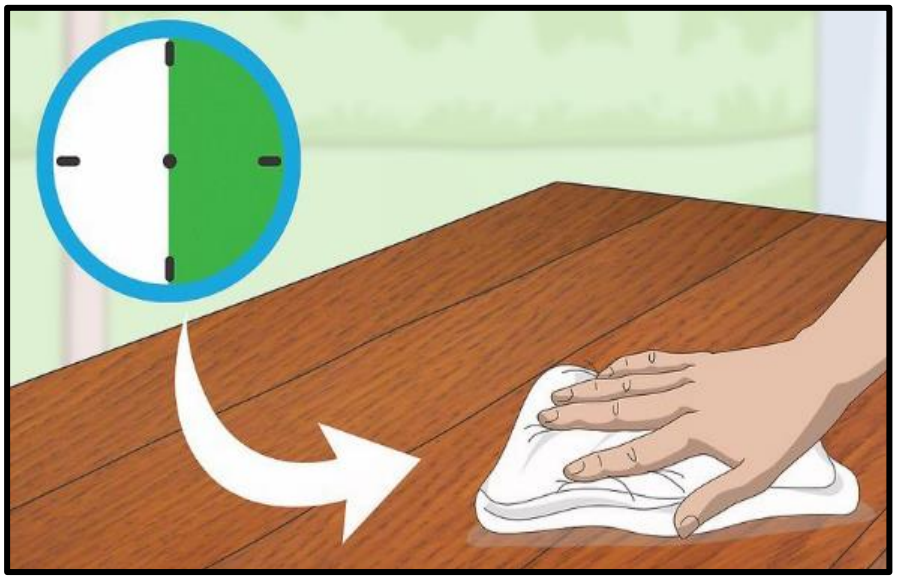
- نضع كمية صغيرة من الزيت على سطح القماشة من دون وضعها مباشرة على الخشب، ثم نستخدم قطعة القماش في تطبيق الزيت في اتجاه نسيج الخشب مع الحركة من الداخل للخارج، ولا نمس الزيت أثناء امتصاص الخشب لها، ونحاول أن نركز على أن تكون طبقة الزيت متساوية ،و نضع مزيدًا من الزيت أفضل من أن نضغط على قطعة القماش لكي نخرج منها المزيد ولا نترك أي

أجزاء غير منتظمة أو تكتلات. شكل رقم (240) وضع الطبقة الأولى من الزيت .

- ترك طبقة الزيت تجف

- ننتظر نحو 30 دقيقة حتى يتشرب الخشب الزيت، ثم نمسح السطح بقطعة قماش نظيفة لكي نزيل الزيت الزائد ونترك الخشب لمدة 24 ساعة أو حتى يجف تمامًا. يستغرق تحصين الخشب ضد الماء باستخدام الزيت وقتًا أطول مما يستغرقه استخدام غالق المسام.

- ندعك أو نحك السطح بقطعة من الصوف المعدني الناعم للغاية. شكل رقم (241) تنظيف السطح بعد جفاف الزيت



شكل رقم (241) تنظيف السطح بعد جفاف الزيت
https://ar.wikihow.com

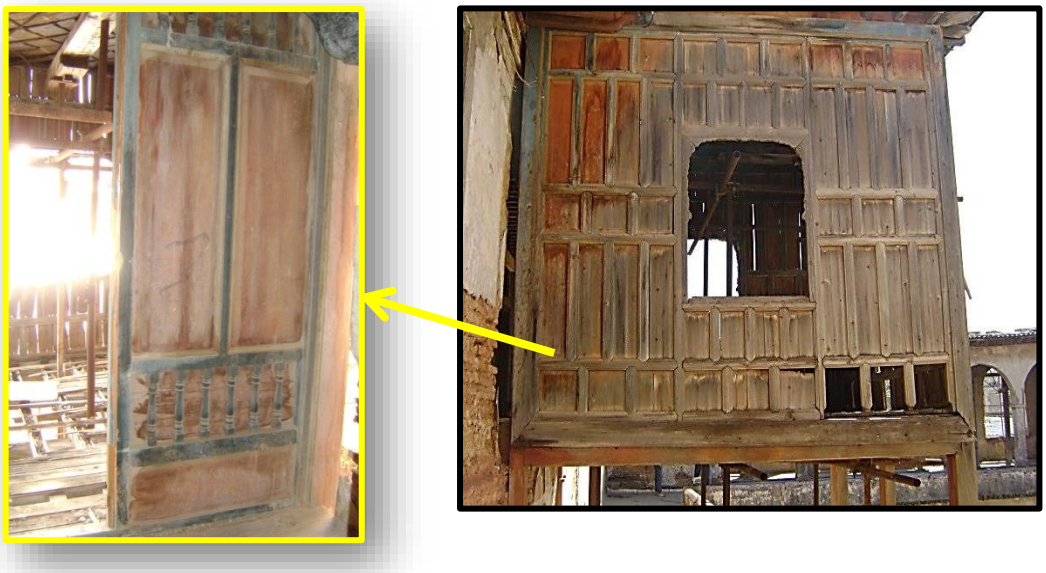
- وضع طبقتين إضافيتين من الزيت.

- وضع طبقة جديدة من الزيت على الخشب، وتكرير العملية السابقة ، ونتركها لتجف لنفس الوقت ثم نقوم بصنفرة السطح باستخدام قطعة من السلك المعدني الناعم ونترك الباب ليجف تمامًا لعدة أسابيع قبل أن نبدأ في استخدامها. ويمكن معرفة جاهزية الخشب عند تحريك أصبع على السطح فيتحرك بسلاسة .شكل رقم (242) وضع الزيت وصنفرة الخشب.

شكل رقم (242) وضع الزيت وصنفرة الخشب
بتصرف https://ar.wikihow.com

2.1.2- تحصين الخشب باستخدام غالق المسام

لتحصين خشب القلعة اخترنا خشب الواجهة الداخلية لمقصورة الداي ، ويمكن تطبيق العملية على الأبواب الخارجية والنوافذ ، وأخشاب الضلات . شكل رقم (243) صورة مقصورة الداي .



شكل رقم (243) صورة مقصورة الداي والواجهة الداخلية عن الباحثة

أولا ـ المواد والأدوات المستخدمة

نوع تجاري من غالق المسام الخشبي ، فرش لتطبيق الدهان ، أداة لرش الدهانات ، أوراق صنفرة ناعمة رقم 220 ، قطع ناعمة من الصوف المعدني ،قطع قماش لإزالة الشوائب والأتربة .

ثانيا ـ إعداد السطح

علينا أن نتخلص من كل بقايا أي طلاء قديم قبل أن نستخدم غالق المسام ويمكن إزالة الطلاء بإحدى الطرق التالية : تنظيفها من الغبار باستعمال فراشي بلاستيكية كما يمكننا أن نستعمل آلة ضغط هوائي compresseur بسرعة محددة من أجل التنظيف ، ثم نقوم بغسلها بواسطة الماء والصابون بنسبة 10 % باستعمال فراشي بلاستيكية أو فراشي أسنان ، كما يمكن استعمال مشارط من أجل تنظيف بقايا الدهان أو كشطها باستعمال الورق الزجاجي ، ثم نقوم بالتنظيف باستعمال قطعة قماش والماء فقط ، بعدها ننظف بقطعة قماش أو اسفنجة جافة ، ونترك الواجهة تجف لمدة معينة أو نستعمل المجفف بحرارة معتدلة لتجفيفها .

- يمكن استعمال micro-sablage لإزالة الدهان القديم والتنظيف من أجل تسريع العمل ، بالرغم من أنه يمكن أن يكشط الطبقة السطحية من الخشب، وعند استعماله ينبغي أن يتم ضبطه بدقة من حيث سرعة القذف وحجم الحبيبات والمسافة ، كما ينبغي اتخاذ تدابير احتياطية من أجل السلامة كارتداء القفازات والنظارات وأقنعة لتفادي تطاير النشارة وأجزاء من الطلاء.

- يمكننا لتنظيف الدهان أيضا استعمال التنظيف الكيميائي باستعمال المذيبات العضوية كالأسيتون والميثانول مثلا ، ويفضل استخدام دي مثيل فورماميد الذي يعطي نتائجا جيدة ، وذلك بوضع كمادات قطنية مبللة منه على سطح الخشب المدهون وتغطيته بواسطة غشاء بلاستيكي أو غشاء الأليمنيوم المستخدم في الطهي لمدة من الزمن لمنع تبخر المذيب ، ثم نقوم بإزالتها ، ويمكننا تكرير العملية أكثر من مرة ، وفي حالة استعمال الأسيتون والمثانول يمكننا استعمال المشارط بعد إزالة الكمادات بعناية شديدة من دون أن يتم اتلاف ألياف

الخشب أو تجريحها أو تقطيعها ، وينبغي أن تتم هذه العملية بالتدريج من دون العمل على كامل الباب ، كما يمكننا استعمال المشارط واستخدام مسدس التسخين pistole à fer .

شكل رقم (244) تنظيف الواجهة وصقلها .

- نستخدم ورق صنفرة قبل أن نضع غالق المسام، وبذلك نكون قد تخلصنا من أي مواد قد تعيق امتصاص الخشب لغالق المسام ويعد استخدام تلك الطريقة مثاليًا للأخشاب التي تم معالجتها من قبل أو طلائها، لأن الأخشاب المطلية مسبقًا قد لا تمتص الزيت بشكل جيد.

-نستخدم ورق صنفرة أخشن في التعامل مع أي جزء يحتاج إلى عناية خاصة، ثم نستخدم بعد ذلك صنفرة أنعم لكي نحصل على سطحٍ متساوٍ .شكل رقم (244) تنظيف الواجهة من الطلاء القديم .

ثالثا- اختيار غالق المسام

شكل رقم (245) غالق المسام المستعمل .
عن الباحثة

- نختار غالق مسام للأخشاب ذا قاعدة مائية ، ويكون ذا لون أبيض ، يصبح شفافا بعد الجفاف .

- قبل أن نضع غالق المسام، نستخدم ورق صنفرة ناعم في إعداد السطح الخشبي.

- ينصح باستعمال غالق مسام بحري للأخشاب التي نريد أن نحصنها ضد الرطوبة والأشعة فوق البنفسجية والماء. شكل رقم (245) صورة المنتج المستعمل

- نفحص العبوة لكي نحصل على تعليمات الاستخدام الدقيقة والاوقات التي يحتاجها المنتج للجفاف. يمكن أن ترش بعض الأنواع باستخدام أحد أدوات رشّ الدهانات .

- نستعمل أداة لرش الغالق أو فرشاة لتطبيقه على خشب الواجهة الداخلية .

رابعا – وضع الطبقات

- وضع طبقة متساوية

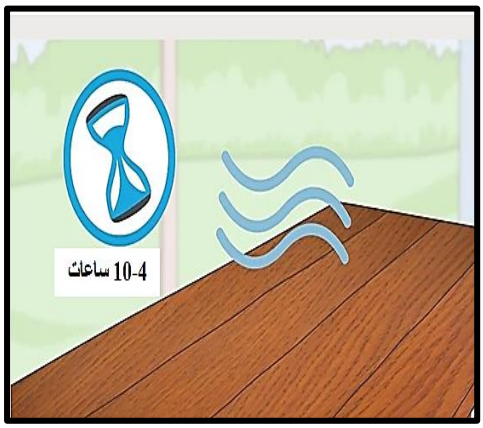
شكل رقم (246) طريقة تطبيق غالق المسام https://ar.wikihow.com

- نجهز الأداة التي سنستخدمها في التطبيق ونحاول أن تكون طبقة الغالق متساوية على السطح ونتأكد من أن تكون رطوبة الهواء ودرجة الحرارة موائمة للظروف الموصى بها على عبوة المنتج، وإلا فإن الغالق سيتبخر أسرع من اللازم.

- من المناسب أن نقوم بالعملية في مكان يمكن التحكم في مستوى الرطوبة فيه .

- نتأكد من تنظيف سطح الخشب قبل التطبيق. شكل رقم (246) تطبيق المنتج

- جفاف المنتج



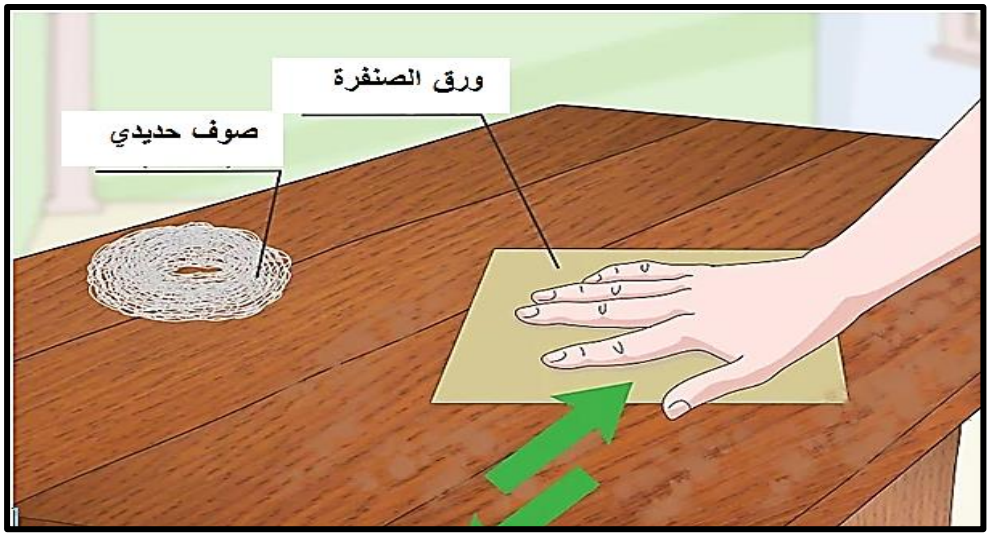
شكل رقم (247) مدة تجفيف المنتج https://ar.wikihow.com

نراجع تعليمات الاستخدام على العبوة لكي نعرف وقت الجفاف المناسب، وعادة ما يحتاج الغالق إلى وقت أقل بكثير من الوقت الذي يحتاجه الزيت، ويكون في كثير من الحالات ما بين 4 إلى 10 ساعات. شكل رقم (247) عملية تجفيف المنتج

- تنظيف الطبقة الأولى

- نستخدم ورقة صنفرة ناعمة للغاية لكي نحسن من التصاق الطبقة التالية من الغالق مع الطبقة الأولى، ونقوم بالصقل بعد أن تجف الطبقة الأولى تمامًا.

- يمكن أن نستخدم السلك المعدني الناعم للتنظيف الذي يكون في اتجاه الألياف . شكل رقم (248) تنظيف الطبقة الأولى .



شكل رقم (248) صقل السطح بورق الصنفرة والصوف المعدني
بتصرف https://ar.wikihow.com

- إضافة الطبقات

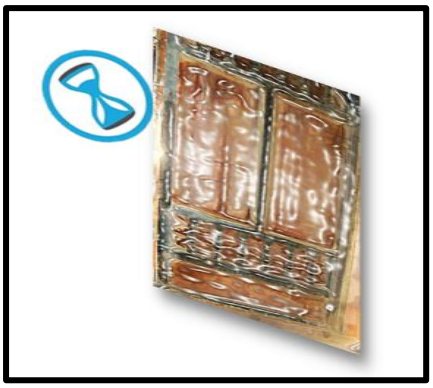
- تحتاج الأخشاب إلى طبقتين أو ثلاث طبقات لتوفير الحماية أكثر ، ونظيف الطبقتين بنفس الخطوات السابقة . شكل رقم (249) إضافة طبقتين من المنتج .

شكل رقم (249) إضافة طبقتين من غالق المسام .
بتصرف https://ar.wikihow.com

- تجفيف الخشب

- نترك الخشب لعدة أيام في مكان محمي قبل أن نرجعه إلى مكانه، لأن تعرض الخشب للماء قبل ذلك سوف يتسبب في تغير لونه بدلًا من أن ينزلق على سطحه.

- نعيد تطبيق الغالق على الخشب كل بضع سنوات لكي نحافظ عليه في حالة جيدة. شكل رقم (250) تجفيف الخشب بعد استعمال غالق المسام .



شكل رقم (250) تجفيف الخشب بعد استعمال غالق المسام
عن الباحثة

- في الأخير يمكن طلاء الواجهة بالألوان التي كانت من قبل وهي الأزرق الفاتح والأحمر ، عند العناصر الزخرفية فيها .

3.1.2- تحصين الأخشاب باستخدام الصبغات

يمكن تطبيق الصبغات على الأبواب ، النوافذ والدرابزين ، مقصورة الداي ، وخشب الضلات ، وخشب الأسقف التي كانت مصبوغة من قبل .

أولا- الأدوات والمواد المستخدمة

صبغة ذات قاعدة زيتية ، فرش دهانات ، أوراق صنفرة ناعمة وخشنة .

ثانيا - اختيار الصبغة

- نختار صبغة ذات قاعدة زيتية شبه شفافة ، فكلما كانت الصبغة أفتح في لونها زاد محتواها من الزيت، لذلك تصلح الدرجات الداكنة للأخشاب الخارجية والدرجات الفاتحة للأخشاب داخلية . شكل رقم (251) الطلاء المستخدم

شكل رقم (251) الطلاء المستخدم
عن الباحثة

ثالثا ـ إعداد الخشب

- يمكن إزالة الأوساخ من سطح الخشب باستعمال مزيج من : 4 أحجام من بنزين التربينتين مع 4 أحجام من زيت الكتان ، 4 أحجام من خل أبيض و حجم واحد من الكحول و3 إلى 4 قطرات من الأمونياك ، مع تطبيقها بالفرشاة ، ثم إزالتها بورق الصنفرة .

- صنفرة سطح الخشب باستخدام ورقة صنفرة ثقيلة أو مبرد معدني لكي نزيل أي عيوب من على السطح، ثم نستخدم ورق صنفرة أنعم أو مبرد ناعم لكي يصبح سطح الخشب مستويًا.

- نقوم بصنفرة الخشب بورقة صنفرة ناعمة رقم 220، لأن ذلك يساعد على قبول الخشب للصبغة بشكل متساوي.

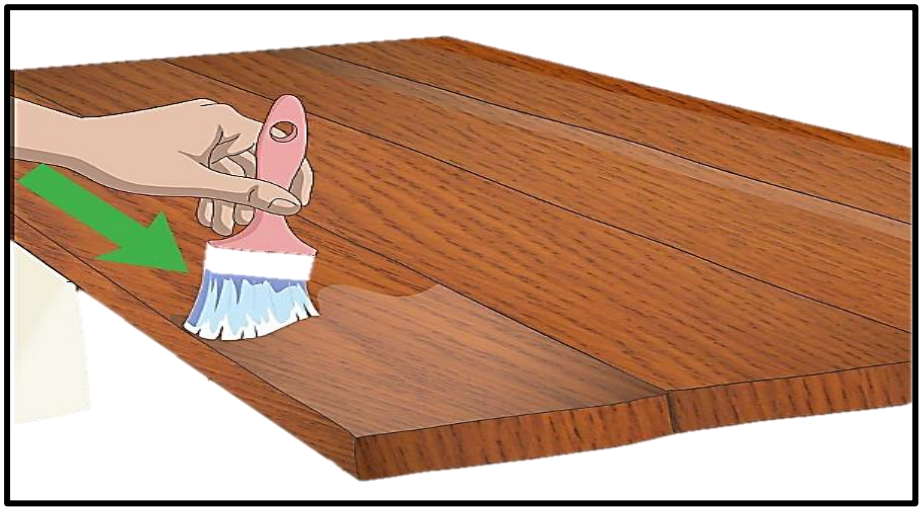
- نستخدم قطعة قماش نظيفة وجافة في إزالة أي شوائب من على سطح الخشب قبل أن نضع الصبغة، لأن الخشب يجب أن يكون جافًا قبل صبغه. شكل رقم (252) صنفرة سطح الخشب.

شكل رقم (252) صنفرة سطح الخشب
بتصرف https://ar.wikihow.com

رابعا – وضع طبقات الصبغة

- وضع الطبقة الأولى

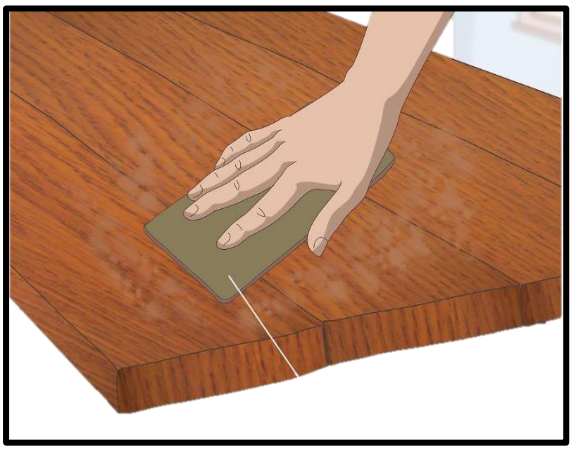
- نضع طبقة الصبغة الاولى باستخدام فرشاة دهان ونحاول أن تكون الطبقة متساوية ونقوم بتغطية السطح بالكامل ونتركه حتى يجف لمدة ما بين 4 ساعات إلى يوم كامل قبل أن نضع الطبقة الجديدة. شكل رقم (253) وضع طبقة أولى من الصبغة



شكل رقم (253) وضع طبقة أولى من الصبغة
https://ar.wikihow.com

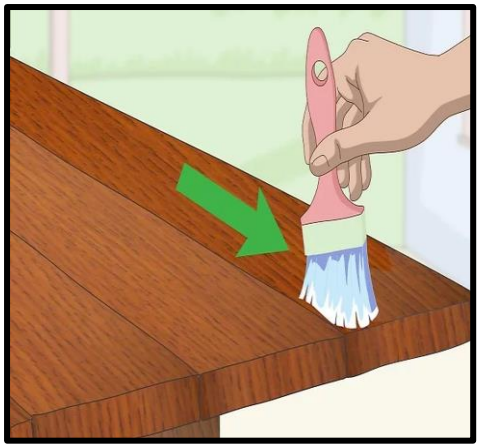
- إزالة الصبغة الزائدة عن الخشب

- نقوم بصنفرة الأسطح الجافة باستخدام صنفرة ناعمة ونمسح السطح بقطعة قماش نظيفة وجافة لكي نعد السطح قبل أن نضع الطبقة التالية، فمن المهم للغاية أن يكون سطح الخشب نظيفًا وجافًا قبل إضافة أي طبقة جديدة. شكل رقم(254) إزالة الصبغة الزائدة بالصنفرة



شكل رقم (254) إزالة الصبغة الزائدة بورق الصنفرة
https://ar.wikihow.com

- وضع الطبقة الثانية



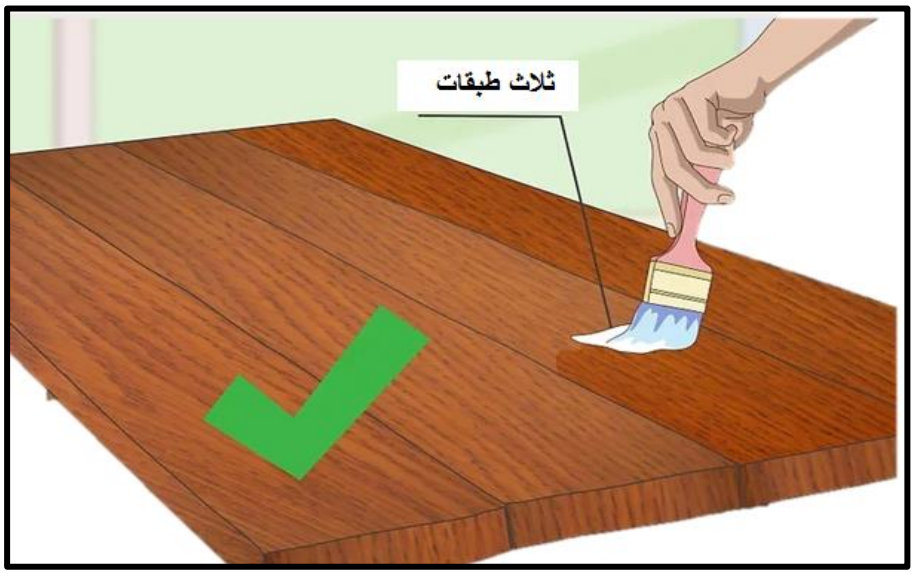
- تستغرق هذه الطبقة وقتًا أطول نسبيًا من سابقتها لكي تجف، لذلك علينا أن نتأكد من ترك الخشب يجف لفترة كافية حتى نتمكن من امتصاص كل الزيوت الموجودة في الصبغة والتي سوف تعمل على حمايته من الماء، يمكننا أن نفحص الصبغة بعد خمس ساعات من تطبيقها.

شكل رقم (255) وضع طبقة ثانية
https://ar.wikihow.com

- إذا لامسنا السطح الخشبي ولم يكن لزجًا فهذا يعني أنه جف .شكل رقم (255) وضع طبقة ثانية

- وضع الطبقة الثالثة

نتبع نفس التعليمات السابقة في وضع الطبقة الأخيرة من الصبغة ، وينبغي أن نضع طبقة متساوية من الصبغة خلال العملية ونترك الخشب لمدة ما بين 3 إلى 7 أيام حتى يصبح يجف تماما . شكل رقم (256) وضع الطبقة الثالثة من الصبغة



شكل رقم (256) وضع الطبقة الثالثة من الصبغة .
https://ar.wikihow.com بتصرف

2.2- حماية الأخشاب ضد الفطريات والحشرات

تتأثر الأخشاب كثيرا بالفطريات حيث يصعب في الكثير من الأحيان إبادة هذه الفطريات من دون التضحية بالأجزاء المصابة ، ومن هذا تتضح أهمية اتخاذ الاحتياطات الكفيلة لتفاديها ، والمداومة على المراقبة والدراسة والبحث ، ويمكن اللجوء إلى عدة طرق من أجل وقاية ومعالجة الأخشاب من الاصابة بالفطريات والحشرات .

- البدء بحل المشكلة الإنشائية قبل القيام بإصلاح الخشب المتلف.

- التأكد من تصريف الماء بعيدا عن الخشب، وعدم وجود أي تسربات .

1.2.2- حماية الأخشاب الصغيرة والمتوسطة ضد الفطريات والحشرات

ونقصد بها أخشاب الأبواب والنوافذ والسقف والدرابزين ، ومقصورة الداي ، وتستخدم هذه التقنية في حالة تعرض الخشب لضرر سطحي، وإلا يجب استبدال الخشب وجمعه مع القطع الموجودة بواسطة تقنيات تجميع وربط الخشب التقليدي .

1.1.2.2- المواد والأدوات المستعملة

مبرد ، أداة رش يدوية ، فرشاة ، مبيد الحشرات والفطريات (كلورور الزنك ، الكيروزيت).

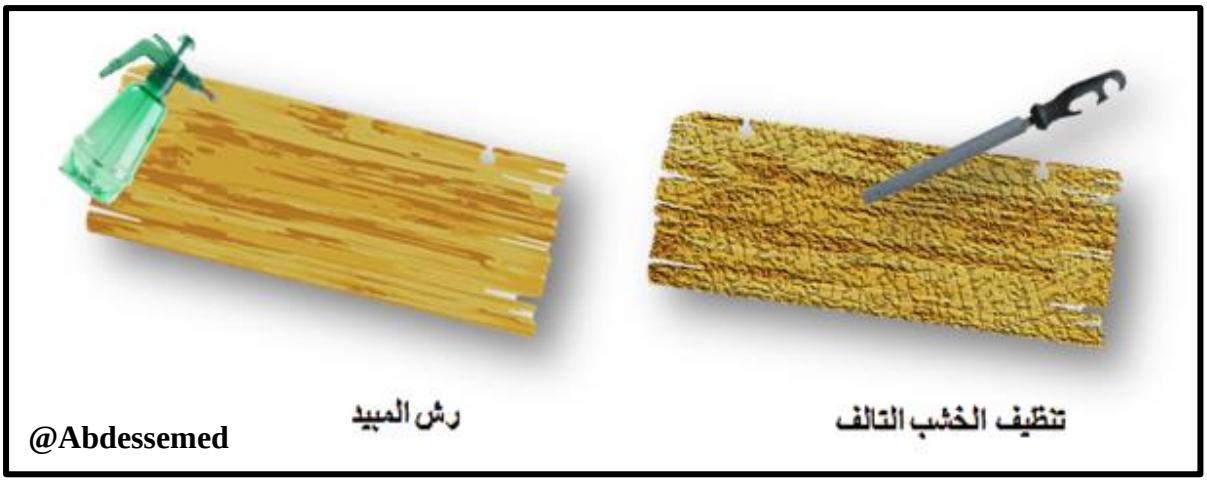
2.1.2.2 – طريقة التطبيق

- ولتطبيق المبيد نقوم باتباع الخطوات التالية :

- إزالة الخشب المتلف في مكانه حتى الوصول إلى الخشب السليم ومن ثم تنظيفه على الناشف وإزالة الغبار عنه بواسطة فرشاة .

- معالجة الخشب بواسطة رش مبيدات للحشرات ومبيدات للفطريات داخل الثقوب المحدثة من قبل الحشرات.

- معالجة سطح الخشب بالكامل "بالكريوزيوت" أو " كلورور الزنك" أو "سلفات النحاس" أو فلوريد الصوديوم أو محلول فلوريد الماغنيسيوم ، بهدف تحسين مقاومته للحشرات والفطريات. شكل رقم (257) معالجة تلف الخشب بسبب الفطريات .



شكل رقم (257) معالجة تلف الخشب بسبب الحشرات والفطريات بتقنية الرش .

ملاحظة

- يمكن استعمال الزيوت الأساسية لبعض النباتات (كالخزامى ، النعناع ، الأوكاليبتوس وزيت العرعر البربري) كمبيدات للفطريات والحشرات لأنها مواد طبيعية لا تؤثر على الخشب ، ويمكن تطبيقها بالدهن بواسطة قطعة قماش ، بعد معالجة سطح الخشب وتسويته بإزالة جميع العيوب الموجودة فيه ، ويجب استعمالها في الغرف المغلقة وبالنسبة للقطع الخشبية الصغيرة، لأن الأخشاب المستعملة للتسقيف تحتاج لكميات كبيرة منها وهي مواد مرتفعة القيمة ولهذا المعالجة تكون مكلفة وغير فعالة لأن الأجواء المفتوحة تساعد على تبخرها خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة زيادة على نوعية المذيبات المستعملة فيها .

- كما يمكن طلاء أخشاب الأسقف بواسطة مستحلب الجير بأكثر من طبقتين، إذ يقضي على الحشرات والفطريات ، ويعزل الرطوبة بشكل نسبي ، مع تكرير العملية كل سنة .

2.2.2- حماية القطع الخشبية الضخمة ضد الفطريات والحشرات

لا توفر طريقة رش المبيدات الحماية الكافية بالنسبة للأخشاب ذات السمك الكبير ، نتيجة لعدم تغلغل المبيد في عمق الخشب لذلك يمكن تطبيق المبيدات بالحقن ، ويمكن استخدام هذه الطريقة في القطع الخشبية الضخمة الموجودة على مستوى سقف البطارية الثالثة ، وكذلك على العوارض الخشبية في الواجهة الشمالية من قصر الداي في الطابق الثاني ، وفي

الواجهة الغربية في الطابق الأول من جناح الحريم . شكل رقم (258 أ،ب) صورة لتواجد العوارض الخشبية الضخمة .

أ. العوارض الخشبية المطلة على الصحن ب. العوارض الخشبية في سقف البطارية 03
شكل رقم (258 أ.ب) صورة لتواجد العوارض الخشبية الضخمة بقصر الداي . عن الباحثة

1.2.2.2- الأدوات والمواد المستعملة

فرشاة ، مثقاب يدوي أو كهربائي ، دبوس حقن (cheville d'injection) ، مكشط ،أداة رش كهربائية ، محلول الثيمول ، طلاء شفاف ، مستحلب الجير أو صبغة زيتية ، قفازات ، نظارات ، قناع تنفس .

2.2.2.2- طريقة التطبيق

يمكن اتباع الخطوات التالية :

- اصلاح الأسقف وأماكن وجود التسربات .
- تنظيف العوارض الخشبية وإزالة الطلاء و الأجزاء الهشة .
- ارتداء وسائل الحماية من اللباس والقفازات والنظارات وقناع التنفس .
- حفر ثقوب صغيرة القطر باستخدام مثقاب يدوي أو كهربائي على طول العارضة الخشبية من الجهة الجانبية والسفلية ، على أن تكون المسافة بين الثقوب حوالي 40 سم ، ويكون عمق الثقب 3/2 من سمك الخشب ، مع ترك مسافة 5 سم أو أكثر من حافة العارضة.

- تنظيف الثقوب والعارضة من النشارة الناتجة .

- وضع أنابيب معدنية بشكل براغي داخل الثقوب (cheville d'injection) .

- طلاء سطح الخشب بصبغة شفافة لعزل الخشب من الرطوبة وتحقيق فعالية أكثر.

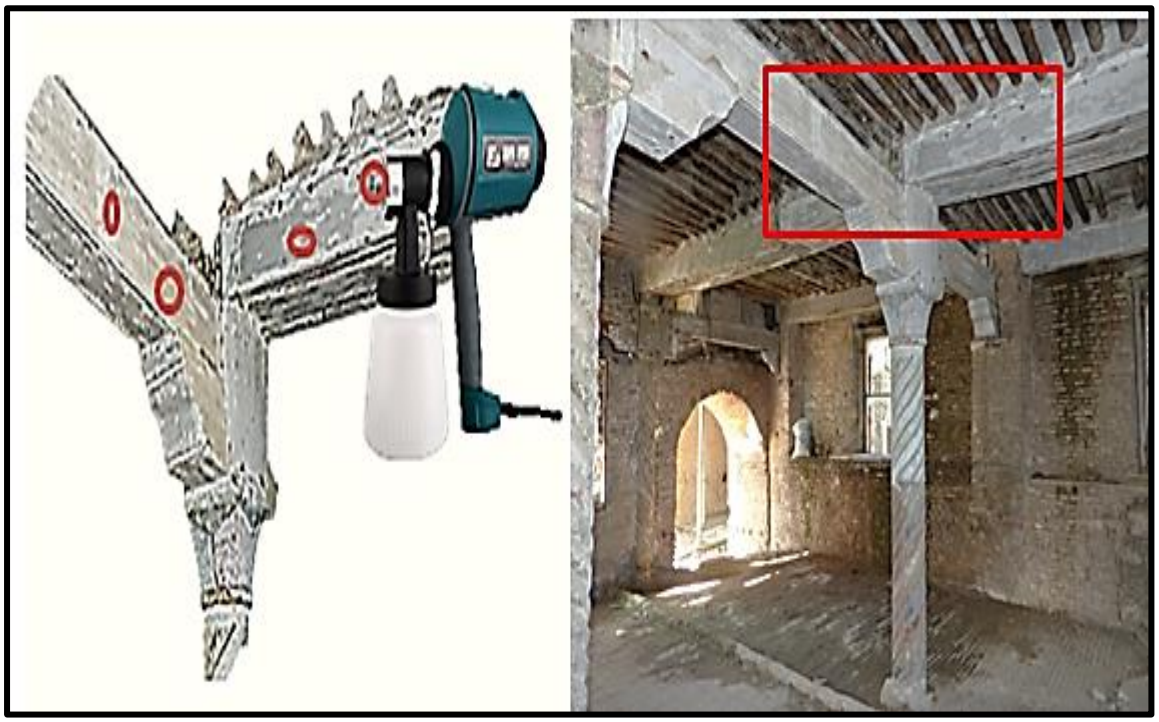
- تحضير مبيد الفطريات والحشرات بشكل محلول ويمكن استعمال محلول الجامكسان أو بنتاكلوروفينول في مذيب الكيروسين ، أو محلول الثيمول .

- نحضر أداة الرش والتي تعمل بطريقة الضغط ، مع تغيير رأسها إلى طريقة الحقن ، ثم نضع رأس الجهاز في برغي الحقن ونشغل الجهاز لمدة 3 ثواني في كل برغي ، حتى ننتهي من حقن جميع الثقوب . شكل رقم (259) صورة الجهاز وطريقة الحقن.

- نقوم بتغير رأس الجهاز إلى الرش ونضع المحلول ثم نرش السطح الخارجي من الخشب بالمحلول .

- نزيل براغي الحقن ونسد الثقوب الناتجة باستخدام عجينة خشبية للسد .

- يمكننا في الأخير طلاء الخشب بحليب الجير مثلما كان عليه ، أو باستعمال الصبغات .



شكل رقم (259) صورة الجهاز المستعمل في الحقن وطريقته . عن الباحثة

3.2- سد الشقوق والعقد والثقوب

يمكن سد الشقوق الناتجة عن انكماش الخشب وسقوط العقد ، وسد الثقوب الناتجة عن الحشرات باستخدام معجون السد .

1.3.2- الأدوات والمواد المستعملة

فرشاة ، سباتول ، حقن ، اسفنجة ، ورق زجاجي ناعم ، شريط لاصق ورقي، طلاء زيتي .

- معجون السد والذي يمكن تحضيره : بأخذ نشارة الخشب وغربلتها حتى تكون من نفس الحجم ، ثم نظيف جص باريسي وغراء فينيلي وملون بشكل مسحوق يكون بحسب لون الخشب ونخلطها مع بعضها البعض حتى نتحصل على عجينة قابلة للاستعمال لسد الشقوق والفراغات الناتجة عن انفصال العقد.

2.3.2 – طريقة التطبيق

- ننظف الخشب من الأوساخ .

- نزيل الأجزاء الهشة من الشقوق والمناطق غير الملتصقة .

- نأخذ المعجون وبواسطة سباتول spatule ندخل العجينة في الشق لغاية امتلائه ، ثم نزيل الفائض من العجينة باستخدام مشرط ، يمكن وضع شريط لاصق ورقي على طول الشق لنتفادى خروج العجينة عن الجوانب وتوسيخ الخشب .

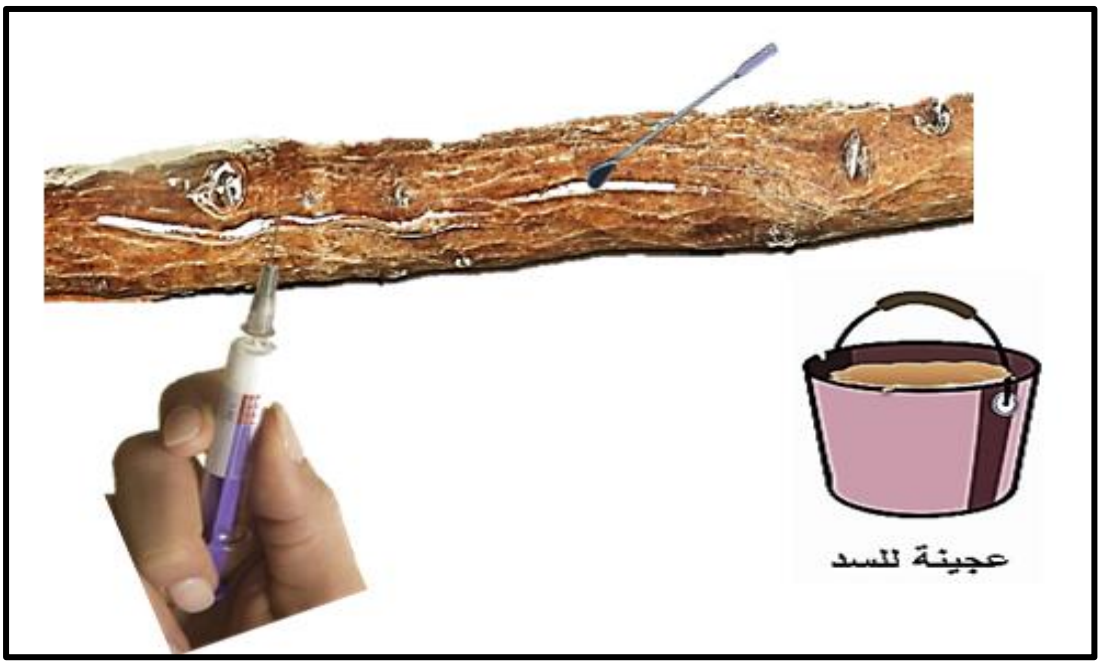
- تنظيف الجوانب باستعمال إسفنجة مبللة ، والانتظار لغاية جفاف العجينة ثم صقلها بورق زجاجي ناعم ، ثم ننظف ونطلي الخشب بالزيت أو الطلاء بحسب حالته الأصلية .

ملاحظة

يمكن استعمال معجون من حجمين من شمع البرافين مع حجم من القلنفونية وحجم من نشارة الخشب الناعمة ، حيث نضع شمع البرافين في حمام مائي لإذابته ثم نظيف له القلنفونية حتى تصير بشكل سائل ننزعها من المصدر الحراري نضيف فيما بعد النشارة ، ونمزجها جيدا ونستعملها في سد الشقوق بنفس الخطوات السابقة .

- كما يمكن سد الشقوق وتقويتها عن طريق الحقن براتينج الأرالديت أو البرالويد ب 72 .

شكل رقم (260) طريقة سد شقوق الخشب .



شكل رقم (260) طريقة سد الشقوق في الخشب . عن الباحثة

3- ترميم خشب القلعة

1.3- استبدال و اصلاح الأخشاب (ترميم جزئي أو كلي)

1.1.3- استبدال الأخشاب

- كثيرا ما يتم الاستبدال الكلي أو الجزئي للأخشاب أثناء عمليات الترميم ، وهذا بالنظر لحالتها السيئة والمتدهورة بسبب العوامل المختلفة وعدم تأديتها لوظيفتها ، ولهذا يكون استعمال أخشاب جديدة لها نفس الخصائص هو الحل المثالي في مثل هذه الحالات ، وهذا ما قمنا به عند أخذ عينات خشبية من القلعة من أجل معرفة خصائصها ، بغية استبدالها ومقارنتها بخصائص الخشب الذي أقترح للترميم ، وتختلف طريقة الاستبدال بحسب المكان والوظيفة ، وهناك استبدال جزئي واستبدال كلي .

1.1.1.3- الاستبدال الجزئي للأخشاب

أولا - استبدال جزئي لخشب الأسقف

- الأدوات والمواد المستعملة

عوارض خشبية من العرعر البربري ، دعامات معدنية ، مطرقة ، إزميل ، فرشاة بلاستيكية، زيت الكتان ، زفت ، مبيد حشرات وفطريات ، ملاط مكون من (رمل ، جير مائي ، مسحوق الآجر ، ماء) .

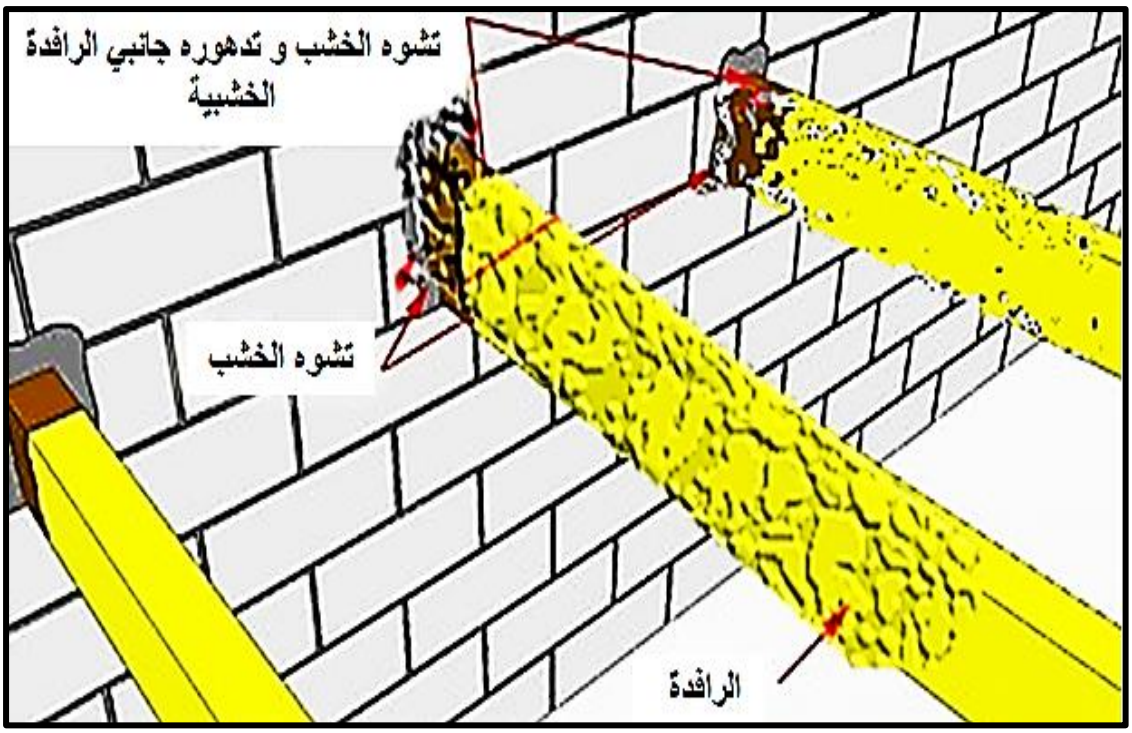
- خطوات الاستبدال

- يتم تدعيم سقف الخشب باستخدام دعامات خشبية ، تكون مطلية ومعالجة ضد الحشرات والفطريات لتفادي تأثيرها على خشب السقف .

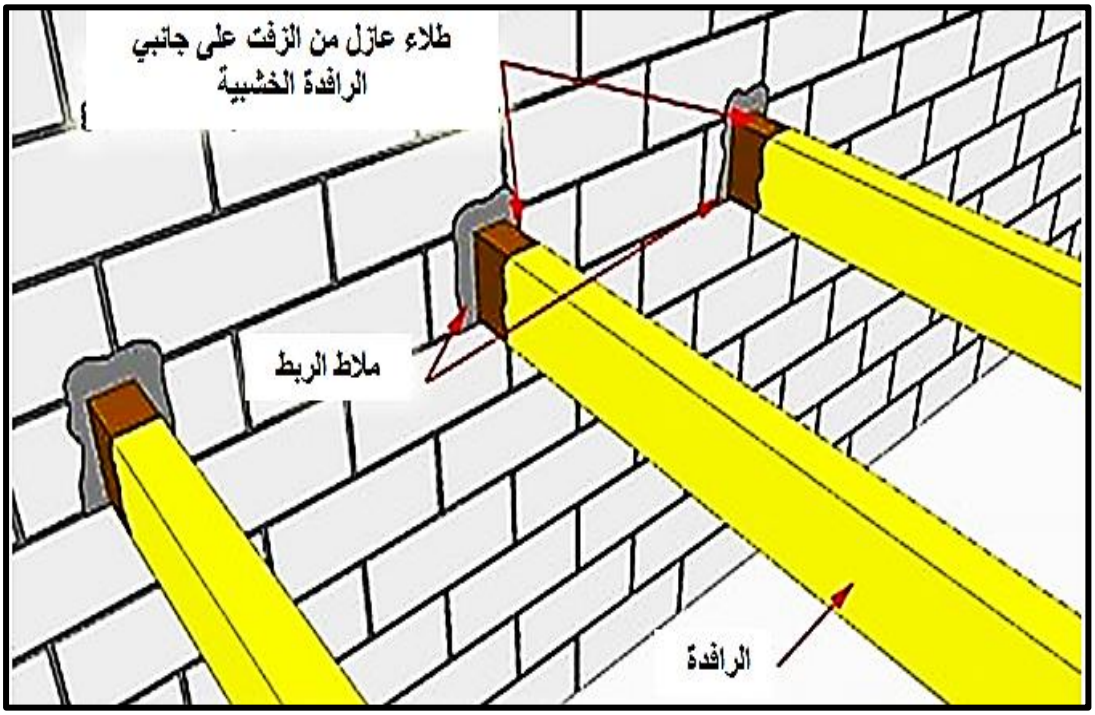
- ويمكن استعمال دعامات معدنية وينبغي أن تكون مطلية بدهان ضد الصدأ ، على أن يتم وضع فوقها قطعة خشبية في مكان تلامسها مع خشب السقف .

- يتم الحفر بواسطة مطرقة وإزميل وتحرير القطعة الخشبية التالفة ، وتنظيف المكان ومعالجته بمبيد للفطريات والحشرات .

- نأخذ القطعة الخشبية الجديدة والتي تكون قد تعرضت للمعالجة ضد الفطريات والحشرات وتم طلاؤها بزيت الكتان، ودهنت أطرافها بمادة الزفت لعزلها من الرطوبة ، وندخلها في مكانها ، ثم نسد الفراغ الناتج في الجدار بملاط من الجير المائي والرمل الأصفر ومسحوق الآجر والماء .شكل رقم (261) مظهر السقف قبل الاستبدال ، شكل رقم (262) مظهر السقف بعد الاستبدال .



شكل رقم (261) مظهر السقف قبل عملية استبدال الروافد الخشبية . بتصرف



شكل رقم (262) مظهر السقف بعد عملية استبدال الروافد الخشبية . بتصرف

ثانيا- استبدال جزئي لخشب الأبواب

اقترحنا الباب الموجودة في الطابق الأول مدخل الرواق المؤدي إلى الصحن من قصر البايات ، شكل رقم (263) صورة الباب .

يمكن تطبيق هذه الخطوات على خشب مقصورة الداي .

- الأدوات والمواد المستعملة

ألواح خشبية ، فرشاة ، مفك ، ورق زجاجي ، مسامير ، طلاء زيتي ، مبيد حشرات وفطريات ، أداة رش يدوية .

شكل رقم (263) صورة الباب . عن الباحثة

- الخطوات المتبعة

- يتم إزالة الباب وتنظيفها من الغبار والدهان .

- تفكيك اللوحة الخشبية التالفة ، مع أخذ مقاسات الباب والفتحة الناتجة عنها من أجل اختيار لوحة خشبية بالسمك والطول المطلوب .

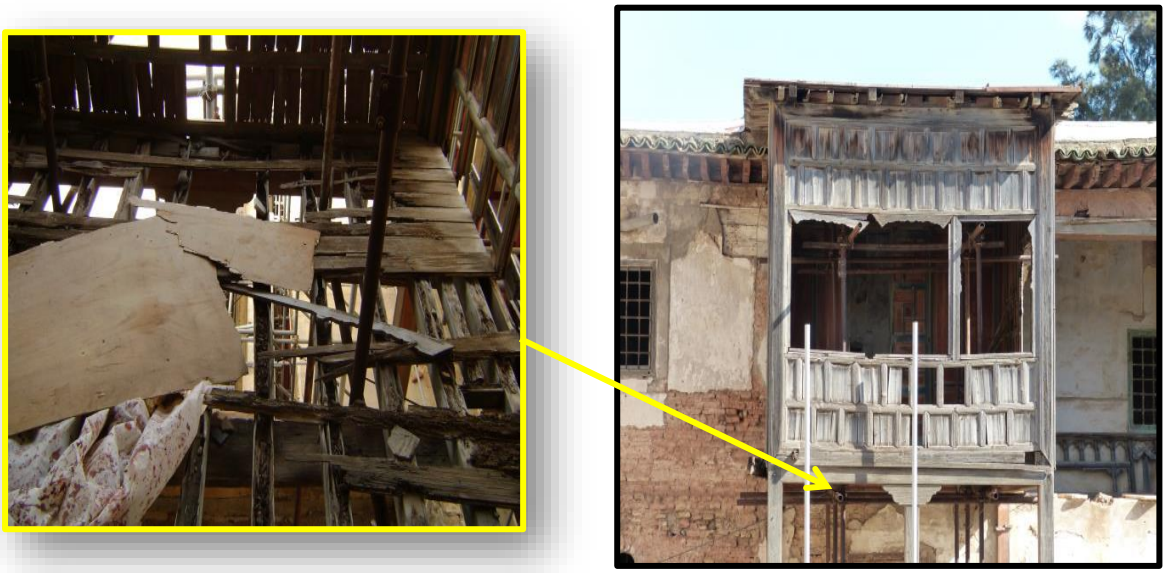
- وضع اللوحة الجديدة من خشب الصنوبر في مكانها بتقنية التجميع بالحلق واللسان مع إزالة اللوحة التي بجانبها ثم إعادة تركيبها ، لتسهيل التجميع وتثبيتها بالمسامير .

- يمكن برد أطراف اللوحة لتسهيل إدخالها مع اللوحة التي تكون بجانبها .

- تنظيف الباب بالفرشاة ، ورشه بمبيد الحشرات والفطريات ، ثم طلائه .

2.1.1.3- الاستبدال الكلي للأخشاب

يمكن تطبيق هذه الطريقة في أرضية مقصورة الداي التي فقدت أغلب ألواحها ، أما التي بقيت منها فهي في حالة متدهورة جدا ، لذلك ينبغي استبدالها كليا . شكل رقم (264) صورة وضعية أرضية مقصورة الداي.



شكل رقم (264) صورة وضعية أرضية مقصورة الداي . عن الباحثة

أولا ـ الأدوات والمواد المستعملة

ألواح ودعامات خشبية ، فرشاة ، ورق زجاجي ، مسامير غير قابلة للصدأ ، طلاء زيتي ، مبيد حشرات وفطريات ، أداة رش يدوية .

ثانيا- الخطوات المتبعة في الاستبدال

- أخذ مقاييس المقصورة .

- وضع دعامات خشبية مضلعة من خشب الصنوبر الجديد بشكل طولي وتثبيتها مع الإطار الخارجي للمقصورة بتقنية التجميع بالحلق واللسان .

- فرش ألواح بسمك 4 سم بشكل عرضي على الدعامات وتثبيتها بالبراغي المعدنية غير القابلة للصدأ بحسب التقنية التقليدية .

- معالجة الأرضية بالمبيدات بطريقة الرش ، ثم طلاؤها بزيت الكتان أو بمزيج من الزيوت.

2.3- اصلاح الخشب

1.2.3- إصلاح الخشب عن طريق اللصق

تعتبر هذه التقنية مناسبة جدا للاستعمال في عمليات الترميم نظرا لمساهمتها في الحفاظ على المادة الأثرية وأصالتها ، حيث يمكن استرجاع الأخشاب وإعادة استعمالها بعد إزالة الأجزاء

شكل رقم (265) صورة الرافدة الخشبية لسقف البطارية .
عن الباحثة

المتدهورة منها ، ويتم استخدام هذه التقنية في حالة العوارض الخشبية الكبيرة والضخمة مثلا العوارض الموجودة في البطارية الخامسة ، أو الموجودة في الأروقة أين ترتكز عليها الأقواس .شكل رقم (265) الرافدة الخشبية لسقف البطارية .

1.1.2.3- الأدوات والمواد المستعملة

فرشاة بلاستيكية ، ورق زجاجي ، منشار كهربائي ، مثقاب كهربائي أو يدوي ، ألياف زجاجية ، غراء إيبوكسيدي ، طلاء زيتي أو مستحلب الجير ، مبيد حشرات وفطريات ، أداة رش يدوية .

2.1.2.3- الخطوات المتبعة

- تدعيم السقف، ثم إزالة الروافد التالفة جزئيا ، كما يمكن القيام بالعمل من دون إزالة العوارض ،و في حالة تدهور هذه الأخشاب يمكن إزالة الأجزاء التالفة منها باستعمال منشار كهربائي .

- تنظيف جانبي القطعة الخشبية بفرشاة بلاستيكية لإزالة النشارة والأجزاء غير المتماسكة .

- باستعمال مثقاب كهربائي أو يدوي نقوم بإحداث ثقب في كل جانب من القطعة الخشبية ، مع استعمال رأس ثقب (mèche) أكبر بقليل من قطر الليف الزجاجي أو الكربوني الذي سنستعمله ، ويفضل استخدام أصغر الألياف .

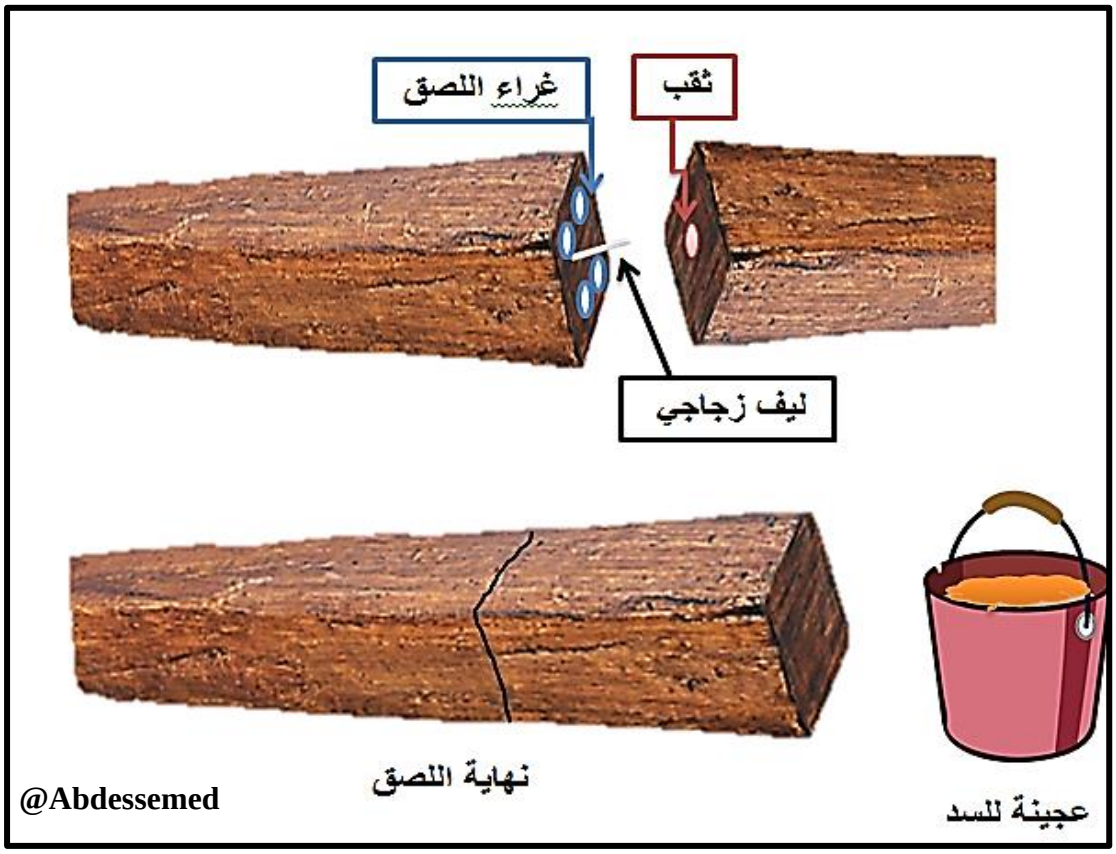
- يمكن وضع طلاء في مكان الثقب في القطعة الأولى ومطابقتها مع القطعة الثانية من الخشب للحصول على ثقبين متناظرين .

- نقوم بتقطيع الألياف الزجاجية بطول أقل بـ 1 سم عن طول مجموع الثقبين ، بعدها نقوم بوضع الغراء الإيبوكسيدي داخل الثقب ، ثم ندخل الليف الزجاجي بنفس طريقة إدخال البرغي ، ثم نضع الغراء في الثقبين المقابلين في القطعة الأخرى ونضعها على القطعة الأولى ونضغط عليها .

- يمكن أن نكمل الفراغ الناتج عن التحام القطعتين باستعمال معجون من نشارة الخشب والغراء الإيبوكسيدي ومادة ملونة لإعطاء لون الخشب .

- يمكن أن نضيف قطعة خشب جديدة من نفس النوع وبنفس المقاسات القطعة التي أزيلت للحصول على الطول المطلوب ، ونقوم بالتجميع بنفس المراحل السابقة .

- نقوم بإزالة الأجزاء الزائدة وصقلها بورق زجاجي للحصول على مظهر الخشب . شكل رقم (266) خطوات اصلاح الخشب عن طريق اللصق .



شكل رقم (266) خطوات اصلاح الخشب بطريقة اللصق بالألياف الزجاجية .

2.2.3- إصلاح الخشب بالتجميع

يمكن استخدام هذه الطريقة في إصلاح أخشاب الأبواب أو مقصورة الداي أو الدرابزين .

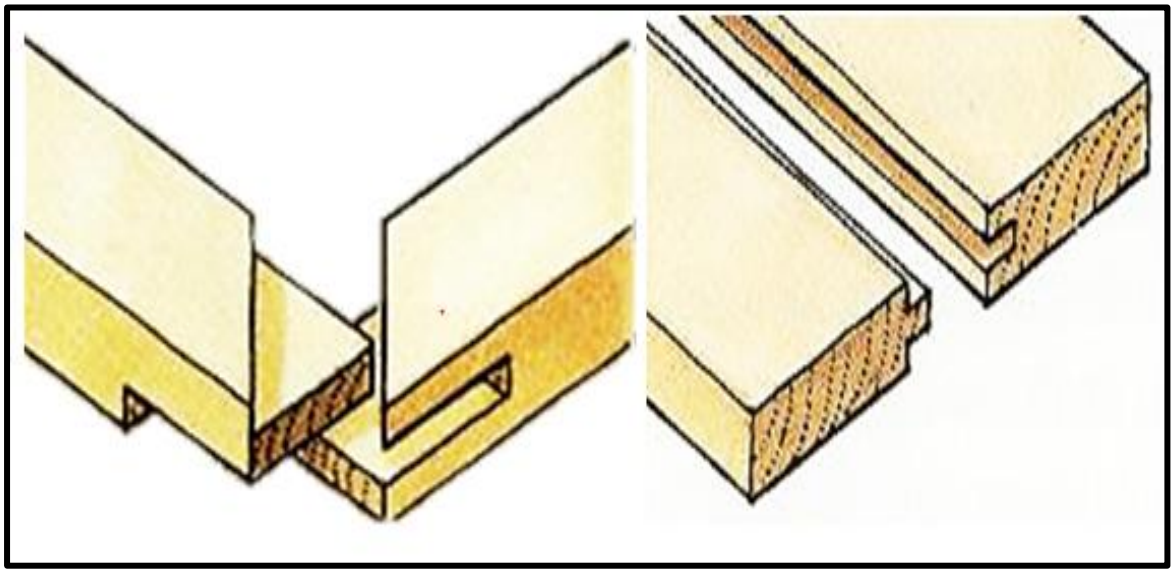
1.2.2.3- الأدوات والمواد المستعملة

فرشاة بلاستيكية ، ألواح خشبية مماثلة للخشب الأصلي ،مبيدات ، أداة رش ، طلاء زيتي أو زيوت .

2.2.2.3- الخطوات المتبعة

يمكن اتباع الخطوات التالية :

- تنظيف الخشب من الغبار والدهان .
- استعمال قطع أو ألواح خشبية من نفس الأنواع الأصلية ، إما خشب الأرز ، الصنوبر الحلبي ، العرعر البربري .
- معالجة الأخشاب بالمبيدات .
- تجميع القطع الخشبية التالفة أو الناقصة بطريقة الحلق واللسان من دون استعمال غراء شكل رقم (267) .
- طلاء الخشب واختيار الألوان المشابهة للأصلية .



شكل رقم (267) طريقة التجميع بالحلق واللسان .
بتصرف https://arabwoodart.blogspot.com

3.3 – فك و اعادة البناء

اقترحنا الضلات كونها في درجة متقدمة من التلف و وجب إعادة بنائها ، شكل رقم (268) ظلة الباب الرئيسي لقصر الداي .

شكل رقم (268) صورة لظلة الباب الرئيسي بقصر الداي . عن الباحثة

1.3.3- الأدوات والمواد المستعملة

عوارض وألواح خشبية ، فرشاة بلاستيكية ، إزميل، مطرقة ، ملاط جيري ، زيت الكتان ، البرالويد B72 المخففة ،زيت العرعر البربري كمبيد للحشرات والفطريات ، طلاء زيتي أو أكريليكي .

2.3.3- الخطوات المتبعة

و للقيام بذلك نقترح:

- أما الخشب المتلف المستعمل في التسقيف و الذي يمكن استخدام أجزاء منه في الترميم كون طول خشب الضلة أصغر بكثير من طول خشب السقف .

- و في حالة عدم توفر الخشب المستعمل يمكن استخدام الخشب الجديد المجلوب من الغابات القريبة و المقترحة.

- ينبغي أولا التأكد من حالة الجدران وعدم وجود أي مصادر للرطوبة سواء الناتجة عن التسربات أو التي تصعد بالخاصية الشعرية .

- كذلك التأكد من سلامة القرميد المستعمل في التغطية وخلوه من التشققات والكسور والتصاقه الجيد بالجدار ، وعدم تجمع الغبار والأتربة فوقه لأن ذلك يشجع النباتات على استيطان المكان ما يمكن أن يظهر من أثار بعدها ، كما أنها تعيق تصريف مياه الأمطار وبالتالي دخولها للجدران والمساهمة في تلفها .

- نقوم بإزالة القرميد من على سطح الضلة مع ترقيمه ، ثم نزيل طبقة الملاط الموجودة حتى نكشف على الألواح الخشبية ، نقوم بعدها بإزالتها وتنظيفها من الغبار العالق بها .

- عند الوصول إلى القطع الخشبية التي تكون إما بشكل مستدير أو بشكل مضلع نقوم بإزالتها، وذلك بالحفر على مستوى الجدار وإزالة الملاط والآجر الموجودة عليه ، ثم تنظيف المكان وتعليم الأماكن التي كانت بها الأخشاب حتى يتسنى وضعها بنفس الطريقة والمقاسات.

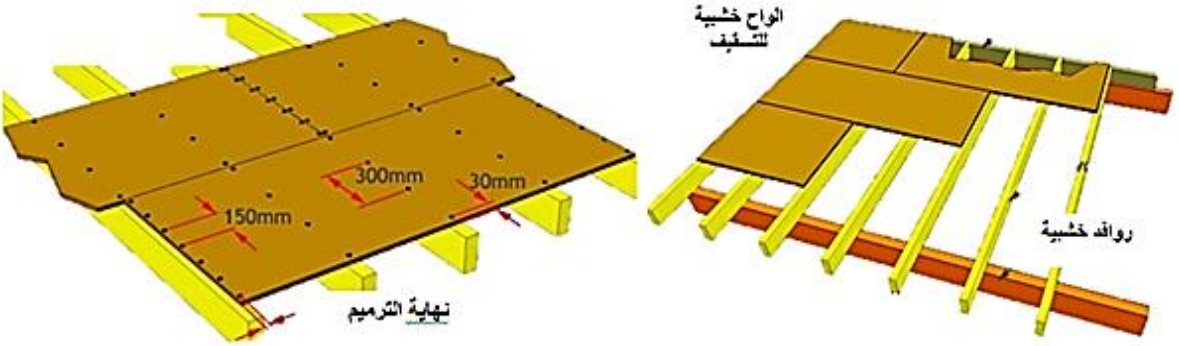
- تزال الأخشاب وتنظف الجيدة منها ليعاد استعمالها أما المتدهورة فيتم إبعادها.

- تعالج الأخشاب السليمة بمبيدات الحشرات والفطريات ثم تترك القطع لتجف فترة من الزمن .

- بعد تفكيك الضلة واصلاح الجدار الذي تستند عليه نقوم بتركيب الضلة الجديدة باتباع الخطوات التالية :

- نقوم بتحضير ملاط من الجير المائي والماء والرمل الأصفر والرمل الرمادي ومسحوق الآجر لاستعماله في سد الفراغات الناتجة عند وضع جذوع الأخشاب ، كما يستعمل كطبقة تحتية توضع لتثبيت الأخشاب في الجدار ، مع وضعها على بعد معين ويكون عدد القطع الخشبية تبعا لعرض الأبواب ، كما يتم اسناد هذه الأخشاب بقطع خشبية أخرى من أجل حمل ثقل المواد الموضوعة في الضلة .

- نقوم بفرش ألواح من الخشب ذات السمك الرقيق بشكل عرضي على القطع الخشبية المستديرة أو المضلعة التي أدخلت في الجدار، والتي تكون عادة من أخشاب الصنوبر الحلبي أو خشب العرعر البربري الخالي من العيوب كالعقد والجيوب الصمغية ، وهذا بعد معالجتها بمبيد للفطريات والحشرات ودهانها بزيت الكتان لعزلها من الرطوبة ، كما يمكننا استعمال طبقة أو أكثر من البرالويد B72 المخففة التركيز(7 %) وتركها تجف لمدة معينة ، يمكن استعمال زيت العرعر البربري كمبيد للفطريات والحشرات وكعازل للرطوبة . شكل رقم (269) طريقة وضع الروافد والألواح الخشبية .



شكل رقم (269) طريقة وضع الروافد والألواح الخشبية . بتصرف

- نقوم بتحضير الملاط الذي يوضع فوق الألواح الخشبية للعزل وتثبيت القرميد ، ونكون قبلها قد وضعنا طبقة من قطع الآجر المكسر والحجارة الصغيرة الحجم ، ثم يوضع الملاط المحضر من الجير والرمل والماء ، ثم طبقة أخرى من الملاط الجيري لمنع تسرب مياه الأمطار ، ثم وضع القرميد مع مراعاة دمجها جيدا بالجدار وسد جميع الثغرات والفجوات الناتجة بملاط السد .

- وضع الأخشاب الجانبية والتي تثبت الضلة وتنقل ثقلها إلى الجدار ، وتثبيتها جيدا في الجدار طبعا بعد معالجتها ضد الفطريات والحشرات ، إذا كانت أخشابا جديدة مع مراعاة اختيار أخشاب من نفس النوع أو أفضل منها من حيث الخصائص ، أو تنظيفها ومعالجتها إذا كانت أصلية وليست تالفة ، وبعد اتمام العمل يمكننا إزالة المساند التي وضعت لحمل الثقل والمساعدة على تثبيت الشكل المطلوب .

- وفي الأخير نقوم بطلاء الخشب بدهان زيتي أو أكريليكي باللون البني أو الأخضر بحسب اللون الأصلي ، وفي حالة وجود أخشاب الضلة في جهة تطل بها الشمس فمن الأفضل أن تستعمل مع الطلاء مواد لمنع الأكسدة الضوئية ، يمكن استعمال زيت الكتان لأنه يقاوم الأشعة فوق البنفسجية .

ملاحظة : في حالة أن الأخشاب الأصلية كانت سليمة وخالية من مظاهر التلف فيمكن إعادة استعمالها بعد إزالة الطلاء الذي كان عليها ، ثم معالجتها بمبيدات للحشرات والفطريات إذ يمكن استعمال منتجات كزيلوفاج أو غيرها .

4- خلاصة

يعتبر الخشب من المواد المستخدمة في الجانب الانشائي و الفني وهو من أكثر المواد عرضة للتلف ، وللمحافظة عليه ينبغي الاهتمام بالصيانة و المراقبة الدورية لحالته ، لقابليته الكبيرة للتأثر بمختلف عوامل التلف وخاصة الرطوبة والعامل البيولوجي ، وفي حالة تدهوره ينبغي اتباع بعض الخطوات لصيانته وترميمه ، إذ تكون الأولوية هي المعالجة وهذا من أجل المحافظة على القيمة الأثرية والأصالة ، ولكن عند تعذر الأمر ينبغي استبداله بخشب آخر من نفس النوع والخصائص ، أو بخصائص أفضل منه ، وفي حالة القلعة ينبغي أن يتم استبدال أخشاب الأسقف بخشب العرعر البربري ، وألواح الصنوبر ذات الصنف الأول ، في حين يمكن استعمال خشب الأرز في الأبواب والروافد الضخمة .

الخـــاتـمـة

الخاتمة

- ألمّ المعماريون الجزائريون في الفترة العثمانية بخصائص أنواع الخشب ، حيث استعملوا أكثرها دواما ومقاومة للعوامل الطبيعية والبيولوجية ، وأهمها هو خشب العرعر البربري الذي استعمل بكثرة في مباني قلعة الجزائر التي يعود تاريخ بنائها إلى منتصف القرن السادس عشر ، والتي تميزت بهندستها المعمارية الفريدة وتنوع مواد بنائها من الحجر، الاجر ، ملاط الجير و مادة الخشب التي استعملت كمادة انشائية في التسقيف ، في أسفل الأعمدة ، قواعد التيجان ، تدعيمات داخل الجدران بهدف امتصاص الهزات الأرضية ، إضافة إلى استعمالها في عتبات الأبواب والأسكف وكأطر للأبواب والنوافذ ، وفي تسقيف السلالم ، كما تم استعمالها من الجانب الجمالي و الزخرفي في كل من المشربيات ، والدرابزين وفي الأبواب والنوافذ وفي زخرفة بعض الخزائن الحائطية وفي مقصورة أو كشك الداي .

- تتنوع الأخشاب في تصنيفاتها وخصائصها بحسب مصدرها من الأشجار فنجد الأخشاب من الأشجار الراتينجية كالصنوبريات مثلا ، والأخشاب من الأشجار الورقية كالبلوطيات ، كما يمكن أن تصنف تبعا لصلابتها ، فمنها الأخشاب الصلبة و اللينة ، ويمكن أن نصنفها من حيث أنها طبيعية او مصنعة .

- تختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب تبعا لمصدره ونوع الخشب والمنطقة التي جلب منها ، زيادة على اختلاف الخصائص الميكانيكية له في النوع نفسه بحسب اتجاه القطع (مماسي ، عرضي ، طولي) ، ونسبة رطوبته وكثافته ، ووجود العيوب لذلك فهو غير متجانس .

- يتميز الخشب بالعديد من الخصائص التي جعلته من أكثر المواد استخداما وأهمها : كثافته الضعيفة بالمقارنة مع المواد الأخرى ، مقاومة ميكانيكية جيدة خاصة في الاتجاه الطولي ، عزل للصوت والحرارة .

- يعتبر الخشب من المواد الهيجروسكوبية لذلك فهو يتأثر بالرطوبة إذ تتغير خصائصه الفيزيائية والميكانيكية حسب نسبة رطوبته .

- بالاستناد إلى المراجع العلمية والدراسة الميدانية لقلعة الجزائر سهل لنا معرفة الأنواع المختلفة من الأخشاب منها خشب العرعر البربري ، خشب الصنوبر وخشب الأرز، والتي استخدمت كمواد إنشائية أو زخرفية ، و كانت على درجات مختلفة من الحفظ بحسب طبيعتها ومكان وجودها .

- و قد اقترح مكتب الدراسات PKZ خشب التويا المستورد كبديل لخشب القلعة المتدهور، و هو يختلف كلية من حيث الخصائص الفيزيائية عن خشب العرعر البربري الأصلي .

- بينما خشب بلوط الزان وهو من الأخشاب الورقية ، جلب من غابات أكفادو ببجاية وتم استعماله لاستبدال التسقيف في قصر البايات ، ويختلف من حيث الخصائص الفيزيائية والميكانيكية عن خشب العرعر ، زيادة على أن له انكماش قطري ومماسي مختلف وهذا ما يجعله عرضة للتأثر بالرطوبة المرتفعة في القلعة ، كما يجعله عرضة لعوامل التلف البيولوجي .

- أما خشب العرعر البربري المجلوب من تلمسان فهو يصلح للاستبدال بحكم أنه من نفس النوع ويملك نفس الخصائص ، ولكن تكلفة جلبه مرتفعة .

- يتعرض خشب القلعة للكثير من عوامل التلف أبرزها : الرطوبة ذات المصادر المختلفة كمياه الأمطار و المياه الجوفية ، ورطوبة البحر والتكثف ، إذ تلعب الرطوبة الدور الأساسي في التلف بدورها المباشر أو غير المباشر كتحفيزها للعامل البيولوجي ، الذي له أثره المدمر على خشب القلعة ، كما لها مظاهر تلف مختلفة مثل الشقوق والشروخ ، ضعف الخصائص الميكانيكية وعدم المقدرة على حمل السقف ، فقدان أجزاء من الخشب وانكسارها، ظهور التعفنات وتحليلها للخشب .

- كما نجد أيضا تأثير الحرارة والأشعة الشمسية والتلوث ، حيث تعمل هذه العوامل على تغيير لون الخشب إلى الرمادي الباهت ، إضافة إلى تشكل طبقة من الأوساخ والغبار .

- يعاني خشب القلعة من التلف البيولوجي فنجد الحشرات المختلفة وأهمها حشرات السوس وقرنبيات المنازل ، التي نتجت عنها مظاهرا مختلفة بالخشب مثل : الثقوب والفجوات المختلفة الأحجام ، تآكل الأخشاب وهشاشتها وفقدان أجزاء منها ، زيادة على تغيير الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأخشاب المستعملة.

- تساهم الفطريات كعامل بيولوجي في تلف خشب القلعة وأهمها العفن البني، والتي تركزت في الأخشاب المعرضة للرطوبة المرتفعة الموجودة في الخارج أو الأماكن التي بها تسربات لمياه الأمطار ، وقد نتج عنها تآكل للخشب وتفككه وتغير بنيته وفقدانه للقوة والمتانة.

- بعد الدراسة الميدانية التطبيقية عن طريق أزرار قياس تغيرات درجات الحرارة والرطوبة و تشكل الندى بالقلعة ، لاحظنا أن نسبة الرطوبة مرتفعة في معظم فصول السنة بمعدل يقارب 95 % ، نتيجة قربها من البحر ، وعدم وجود تغيرات كبيرة في نسبة الرطوبة بين داخل المباني وخارجها ، وهذا ما يشجع ظهور الفطريات والحشرات وتشوه الخشب بفعل التأثير على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية ، أما في خصوص درجة الحرارة فكانت معتدلة غالبا بين 18 – 25 °م ، مع وجود فترات حارة نسبيا وصلت أعلى درجاتها إلى34°م في شهر جويلية مع تسجيل اختلافات بين داخل وخارج المباني بفارق يقدر ± 8°م، ما يجعل الخشب الموجد في الخارج أكثر عرضة للتلف كالتغير في اللون ، وتخشن السطح ، كما لاحظنا أيضا تشكل الندى طوال فترة القياس في المهمة الثانية في البطاريات التي كانت موضوعة داخل الغرف أو خارجها ، ما يؤكد تشبع الهواء بالرطوبة بسبب مياه البحر، ووجود اختلافات في درجة الحرارة .

- أما على الصعيد المخبري فقد أجرينا دراسة تجريبية على عينات من خشب العرعر البربري، مأخوذة من سقف قصر البايات بالتحاليل الهدامة لمعرفة الخصائص الفيزيائية والميكانيكية له ، وأظهرت النتائج ما يلي :

- تختلف الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري المستعمل في قلعة الجزائر تبعا لحالة العينات وخلوها من العيوب ومظاهر التلف المختلفة ونسبة رطوبته .

- تصنف العينات ضمن الأخشاب الجافة لأن معدل رطوبتها أقل من 15% ، حيث تقدر نسبة رطوبة العينة الأولى بـ 10.98 % ، أما عينة الثانية 11.80 % ، وهذا ما يضمن حماية من العوامل البيولوجية ، لأن الأخشاب الجافة أقل تعرضا لهجوم الفطريات والحشرات .

- تصنف أخشاب العرعر البربري ضمن الأخشاب الراتينجية النصف ثقيلة إذ تقدر كثافتها بين 0.50 – 0.52 غ /سم^3 .

- تأثر الكتلة الحجمية بالرطوبة بعلاقة طردية ، فمثلا الكتلة الحجمية الجافة للعينة الأولى تقدر بـ 0.71 غ/سم^3 ، والكتلة الحجمية المشبعة 0.81 غ/سم^3 ، أما العينة الثانية فكتلتها الحجمية الجافة 0.66 غ/سم^3 ، والمشبعة 0.80 غ/سم^3 .

- فيما يخص التقلص الحجمي أظهرت النتائج أن لكلا العينتين انكماش متوسط (من 10 إلى 15 %) ، 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 والعكس ، 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 الحجمي.

- كما يمتلك خشب العرعر البربري استقرارا في الأبعاد سواء في الاتجاه القطري او المماسي ، وهذا ما يجعله أقل عرضة للتشقق بفعل تغيرات الرطوبة والحرارة ، ويقدر الانكماش القطري للعينة الأولى بـ 6.23 % ، العينة الثانية 5.61 % ، في حين أن الانكماش المماسي للعينة الأولى 7.05 % ، العينة الثانية 5.06 % .

- وبحسب معامل الانكماش الحجمي فيمكننا أن نقول أن خشب العينة الأولى 0.46 % ينتمي إلى الخشب العصبي (bois nerveux) والذي يمكن استعماله في البناء والتسقيف ، أما العينة الثانية فقد أعطت قيمة أقل من العينة الأولى وقدرت بـ 0.34 % والتي تصنفه ضمن الأخشاب المستعملة في النجارة ، حيث يمكن استعماله في هذا المجال أيضا .

- لخشب العرعر البربري معامل انتفاخ حجمي متوسط والذي يمكن أن يرتفع بفعل التلف البيولوجي ، كما أن الانتفاخ القطري والمماسي للعينات متقارب ، (الانتفاخ القطري للعينة الأولى 6.66 % ، الانتفاخ المماسي 7.59 % ، أما العينة الثانية فلها نسبة أقل سواء في الانتفاخ القطري 5.94 % أو الانتفاخ المماسي 5.34 %) .

- يمتلك خشب العرعر البربري مقاومة جيدة للضغط في اتجاه الألياف ، كما أن مقاومته للانحناء جيدة أيضا نتيجة تراص خلاياه بشكل جيد ، وكذلك لطول فترة نموه لذلك تكون جدران الخلية متينة ، ولكن التجفيف الشديد يجعله أقل مقاومة للانحناء نتيجة اعتباره من

الأخشاب الصلبة ، إضافة إلى وجود العيوب كالعقد مثلا التي تقلل من مقاومة الضغط والانحناء ، وتؤدي إلى الانكسار مثلما حدث في العينة الثانية في تجربة الانحناء ، لذلك ينصح باستعمال أخشاب خالية من العيوب قدر الإمكان عند البناء أو الترميم ، كما تؤدي الرطوبة والتلف البيولوجي إلى التقليل من جودة الخصائص الميكانيكية .

- بعد الدراسة الميدانية و التجريبية تم اقتراح خشب العرعر البربري المحلي والمتواجد في كل من غابة مزغنة (تابلاط) و غابات مليانة وهذا نظرا لامتلاكه نفس خصائص خشب العرعر البربري المتواجد في القلعة هذا من جهة و من جهة أخرى نقص التكلفة و قرب المسافة مما يوفر الجهد و الوقت .
- لحماية خشب القلعة اقترحنا

معالجة وحماية الأخشاب ضد الماء ، استخدام الزيوت ، تحصين الخشب باستخدام غالق المسام ، تحصين الخشب باستخدام الصبغات ،حماية الأخشاب الصغيرة والمتوسطة ، القطع الخشبية الضخمة ضد الفطريات والحشرات ، سد الشقوق والعقد والثقوب .

- لترميم الخشب اقترحنا

- عملية استبدال الأخشاب كليا أو جزئيا

- اصلاح الأخشاب عن طريق اللصق أو بعملية التجميع ، فك وإعادة البناء .

المـــلـــحـــق

PIN MARITIME

Famille : PINACEAE (gymnosperme)
Nom(s) scientifique(s) : Pinus pinaster
Restrictions commerciales : pas de restriction commerciale
Notes : Spontané dans l'ouest du bassin méditerranéen le PIN MARITIME est largement utilisé en plantation (Landes).

DESCRIPTION DU BOIS

Couleur référence : jaune
Aubier : bien distinct
Grain : grossier
Fil : droit
Contrefil : absent
Notes : L'aubier, abondant, est jaune pâle. Le duramen est jaune veiné de brun rougeâtre. L'odeur de résine (et de térébenthine) est forte sur les bois frais.

DESCRIPTION DE LA GRUME

Diamètre : de 20 à 60 cm
Épaisseur de l'aubier : de 6 à 12 cm
Flottabilité : sans objet
Conservation en forêt : moyenne (traitement recommandé)

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés indiquées concernent les bois arrivés à maturité. Ces propriétés peuvent varier de façon notable selon la provenance et les conditions de croissance des bois.

	Moyenne	Écart-type
Densité* :	0,55	
Dureté monnin* :	2,3	
Coeff. de retrait volumique :	0,45 %	
Retrait tangentiel total (RT) :	9,0 %	
Retrait radial total (RR) :	4,5 %	
Ratio RT/RR :	2,0	
Pt de saturation des fibres :	32 %	

Stabilité en service : moyennement stable à peu stable
Notes : La densité des bois gemmés est plus forte (jusqu'à 0,75).

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ET ACOUSTIQUES

	Moyenne	Écart-type
Contrainte de rupture en compression* :	39 MPa	
Contrainte de rupture en flexion statique* :	80 MPa	
Module d'élasticité longitudinal* :	8800 MPa	

(* : à 12% d'humidité, avec 1 MPa = 1 N/mm²)

DURABILITÉ NATURELLE ET IMPRÉGNABILITÉ DU BOIS

Les résistances aux champignons et aux termites mentionnées correspondent à des utilisations sous climat tempéré. Sauf mention particulière relative à l'aubier, les caractéristiques de durabilité concernent le duramen des bois arrivés à maturité ; l'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois.

Champignons : classe 3-4 - moyennement à faiblement durable
Insectes de bois sec : durable - aubier distinct (risque limité à l'aubier)
Termites : classe S - sensible
Impregnabilité : classe 4 - non imprégnable
Classe d'emploi : classe 3 - hors contact du sol, à l'extérieur
Essence couvrant la classe 5 : Non
Notes : Cette essence est mentionnée dans la norme NF EN 350-2 (juillet 1994).
La classe d'emploi 3 ne concerne que les pièces purgées d'aubier.
La durée de performance peut être modifiée par la situation en service (telle que décrite par la norme NF EN 335-1 de janvier 2007). L'aubier de PIN MARITIME est imprégnable.

NÉCESSITÉ D'UN TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

Contre les attaques d'insectes de bois sec : ce bois ne nécessite pas de traitement de préservation
En cas d'humidification temporaire : ce bois nécessite un traitement de préservation adapté
En cas d'humidification permanente : l'utilisation de ce bois n'est pas conseillée

TROPIX 7 - © 1998-2011 CIRAD - Diffusion interdite sans autorisation

SÉCHAGE

Vitesse de séchage : rapide à normale
Risque de déformation : élevé
Risque de cémentation : oui
Risque de gerces : peu élevé
Risque de collapse : non

Table de séchage suggérée : 3

Humidité bois (%)	Température (°C) sèche	humide	Humidité air (%)
Vert	60	56	81
30	68	58	61
20	74	60	51
15	80	61	41

Table donnée à titre indicatif pour des épaisseurs inférieures ou égales à 38 mm.
Elle est à valider par une mise en application dans le respect des règles de l'art.
Pour des épaisseurs comprises entre 38 et 75 mm, l'humidité relative de l'air serait à augmenter de 5% à chaque étape.
Pour des épaisseurs supérieures à 75 mm, l'augmentation serait de 10%.

SCIAGE ET USINAGE

Effet désaffûtant : normal
Denture pour le sciage : acier ordinaire ou allié
Outils d'usinage : ordinaire
Aptitude au déroulage : bonne
Aptitude au tranchage : bonne

ASSEMBLAGE

Clouage vissage : bonne tenue
Collage : correct
Notes : Collage difficile pour les bois à forte teneur en résine. Mais le séchage au dessus de 70°C supprime pratiquement ce problème.

CLASSEMENTS COMMERCIAUX

Classement d'aspect des produits sciés : Selon la norme NF EN 1611-1 (Octobre 1999)
Classements possibles sur 2 faces : G2-0, G2-1, G2-2, G2-3, G2-4
Classements possibles sur 4 faces : G4-0, G4-1, G4-2, G4-3, G4-4

Classement visuel de structure : Bois présentant commercialement un marquage CE avec le classement de structure possible C14, C18, C24 ou C30 dans le cadre de la norme NF EN 14081 (mai 2006).

RÉACTION AU FEU

Classement conventionnel français : Épaisseur > 18 mm : M.3 (moyennement inflammable)
Épaisseur < 18 mm : M.4 (facilement inflammable)

Classement selon euroclasses : D s2 d0
Ce classement par défaut concerne les bois massifs répondant aux exigences de la norme NF EN 14081-1 annexe C (mai 2006), utilisés en paroi verticale. A savoir bois de structure, classé, de densité moyenne minimale 0,35 et d'épaisseur minimale 22 mm.

UTILISATIONS

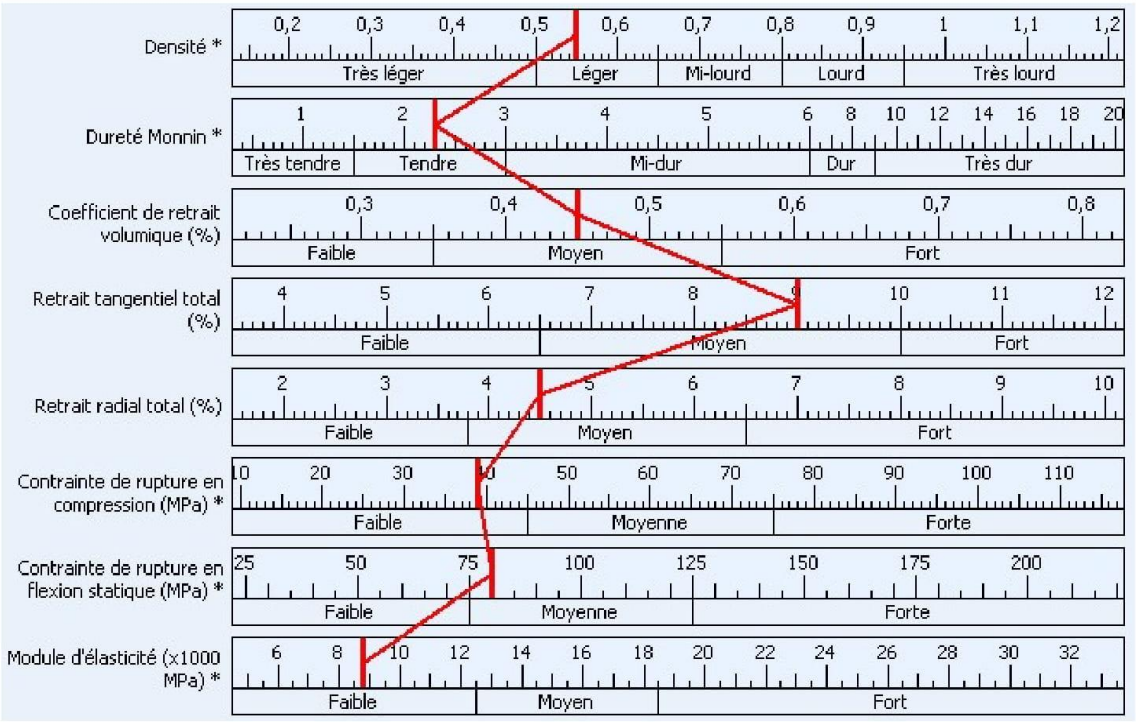
Lambris
Face ou contreface de contreplaqué
Moulure
Lamellé-collé
Charpente légère
Emballage-caisserie
Poteaux
Revêtement extérieur
Parquet
Meuble courant ou éléments
Menuiserie intérieure
Ossature
Charpente lourde
Coffrage
Menuiserie extérieure

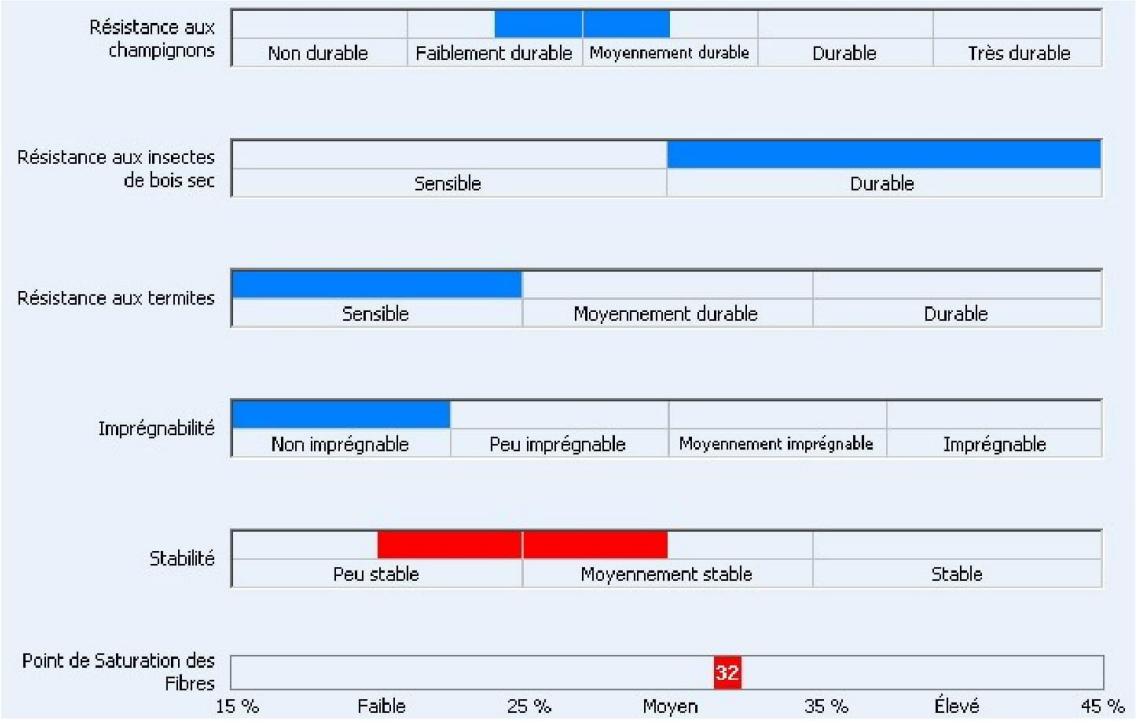
TROPIX 7 - © 1998-2011 CIRAD - Diffusion interdite sans autorisation

PRINCIPALES APPELLATIONS

Pays	Appellation	Pays	Appellation
Allemagne (bois tempérés)	SEEKIEFER	Espagne (bois tempérés)	PINO MARITIMO
France (bois tempérés)	PIN MARITIME	Italie (bois tempérés)	PINO MARITTIMO
Portugal (bois tempérés)	PINHIERO BRAVO	Royaume-Uni (bois tempérés)	MARITIME PINE

TROPIX 7 - © 1998-2011 CIRAD - Diffusion interdite sans autorisation


Densité *
0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1,1 1,2
Très léger
Léger
Mi-lourd
Lourd
Très lourd
Dureté Monnin *
1 2 3 4 5 6 8 10 12 14 16 18 20
Très tendre
Tendre
Mi-dur
Dur
Très dur
Coefficient de retrait volumique (%)
0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8
Faible
Moyen
Fort
Retrait tangentiel total (%)
4 5 6 7 8 9 10 11 12
Faible
Moyen
Fort
Retrait radial total (%)
2 3 4 5 6 7 8 9 10
Faible
Moyen
Fort
Contrainte de rupture en compression (MPa) *
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
Faible
Moyenne
Forte
Contrainte de rupture en flexion statique (MPa) *
25 50 75 100 125 150 175 200
Faible
Moyenne
Forte
Module d'élasticité (x1000 MPa) *
6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32
Faible
Moyen
Fort


Résistance aux champignons
Non durable
Faiblement durable
Moyennement durable
Durable
Très durable
Résistance aux insectes de bois sec
Sensible
Durable
Résistance aux termites
Sensible
Moyennement durable
Durable
Imprégnabilité
Non imprégnable
Peu imprégnable
Moyennement imprégnable
Imprégnable
Stabilité
Peu stable
Moyennement stable
Stable
Point de Saturation des Fibres
32
15 %
Faible
25 %
Moyen
35 %
Élevé
45 %

CEDRE

Famille : PINACEAE (gymnosperme)
Nom(s) scientifique(s) : Cedrus atlantica
Restrictions commerciales : pas de restriction commerciale
Notes : Originaire d'Afrique du nord, introduit en France au milieu du 19e siècle, le CEDRE est utilisé en reboisement dans toute l'Europe méridionale.

DESCRIPTION DU BOIS

Couleur référence : brun jaune
Aubier : bien distinct
Grain : moyen
Fil : droit
Contrefil : absent
Notes : Bois brun jaune à brun rougeâtre. L'odeur du CEDRE est forte et caractéristique. Elle perdure longtemps. Sur quartier, une légère maillure brune est visible à l'oeil nu.

DESCRIPTION DE LA GRUME

Diamètre : de 50 à 80 cm
Épaisseur de l'aubier : de 4 à 10 cm
Flottabilité : sans objet
Conservation en forêt : bonne

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Les propriétés indiquées concernent les bois arrivés à maturité. Ces propriétés peuvent varier de façon notable selon la provenance et les conditions de croissance des bois.

	Moyenne	Écart-type
Densité* :	0,51	
Dureté monnin* :	2,4	
Coeff. de retrait volumique :	0,37 %	
Retrait tangentiel total (RT) :	6,0 %	
Retrait radial total (RR) :	4,1 %	
Ratio RT/RR :	1,5	
Pt de saturation des fibres :	28 %	
Stabilité en service :	stable	

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ET ACOUSTIQUES

	Moyenne	Écart-type
Contrainte de rupture en compression* :	42 MPa	
Contrainte de rupture en flexion statique* :	82 MPa	
Module d'élasticité longitudinal* :	10100 MPa	

(* : à 12% d'humidité, avec 1 MPa = 1 N/mm²)

DURABILITÉ NATURELLE ET IMPRÉGNABILITÉ DU BOIS

Les résistances aux champignons et aux termites mentionnées correspondent à des utilisations sous climat tempéré. Sauf mention particulière relative à l'aubier, les caractéristiques de durabilité concernent le duramen des bois arrivés à maturité ; l'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois.

Champignons : classe 1-2 - très durable à durable
Insectes de bois sec : durable - aubier distinct (risque limité à l'aubier)
Termites : classe M - moyennement durable
Impregnabilité : classe 3 - peu imprégnable
Classe d'emploi : classe 3 - hors contact du sol, à l'extérieur
Essence couvrant la classe 5 : Non
Notes : La classe d'emploi 3 ne concerne que les pièces purgées d'aubier.
La durée de performance peut être modifiée par la situation en service (telle que décrite par la norme NF EN 335-1 de janvier 2007).

NÉCESSITÉ D'UN TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

Contre les attaques d'insectes de bois sec : ce bois ne nécessite pas de traitement de préservation
En cas d'humidification temporaire : ce bois ne nécessite pas de traitement de préservation
En cas d'humidification permanente : ce bois nécessite un traitement de préservation adapté

TROPIX 7 - © 1998-2011 CIRAD - Diffusion interdite sans autorisation

SÉCHAGE

Vitesse de séchage : rapide
Risque de déformation : élevé
Risque de cémentation : non
Risque de gerces : absent ou très faible
Risque de collapse : non

Table de séchage suggérée : 3

Humidité bois (%)	Température (°C) sèche	humide	Humidité air (%)
Vert	60	56	81
30	68	58	61
20	74	60	51
15	80	61	41

Table donnée à titre indicatif pour des épaisseurs inférieures ou égales à 38 mm.
Elle est à valider par une mise en application dans le respect des règles de l'art.
Pour des épaisseurs comprises entre 38 et 75 mm, l'humidité relative de l'air serait à augmenter de 5% à chaque étape.
Pour des épaisseurs supérieures à 75 mm, l'augmentation serait de 10%.

SCIAGE ET USINAGE

Effet désaffûtant : normal
Denture pour le sciage : denture stellitée
Outils d'usinage : au carbure de tungstène
Aptitude au déroulage : bonne
Aptitude au tranchage : bonne
Notes : Présence de petits noeuds très durs.
Le tournage du CEDRE est facile.

ASSEMBLAGE

Clouage vissage : bonne tenue, avant-trous nécessaires
Collage : correct

RÉACTION AU FEU

Classement conventionnel français : Épaisseur > 18 mm : M.3 (moyennement inflammable)
Épaisseur < 18 mm : M.4 (facilement inflammable)

Classement selon euroclasses : D s2 d0
Ce classement par défaut concerne les bois massifs répondant aux exigences de la norme NF EN 14081-1 annexe C (mai 2006), utilisés en paroi verticale. A savoir bois de structure, classé, de densité moyenne minimale 0,35 et d'épaisseur minimale 22 mm.

UTILISATIONS

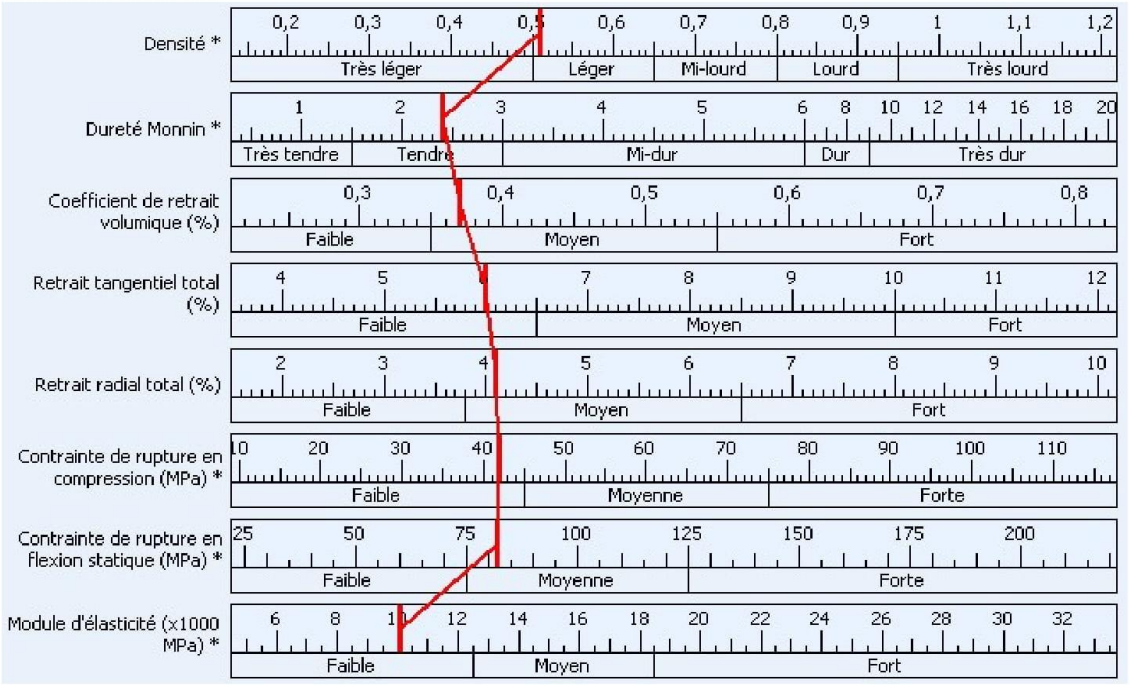
Placage tranché
Menuiserie intérieure
Menuiserie extérieure
Articles tournés
Tabletterie
Ebénisterie (meuble de luxe)
Charpente lourde
Revêtement extérieur
Ossature

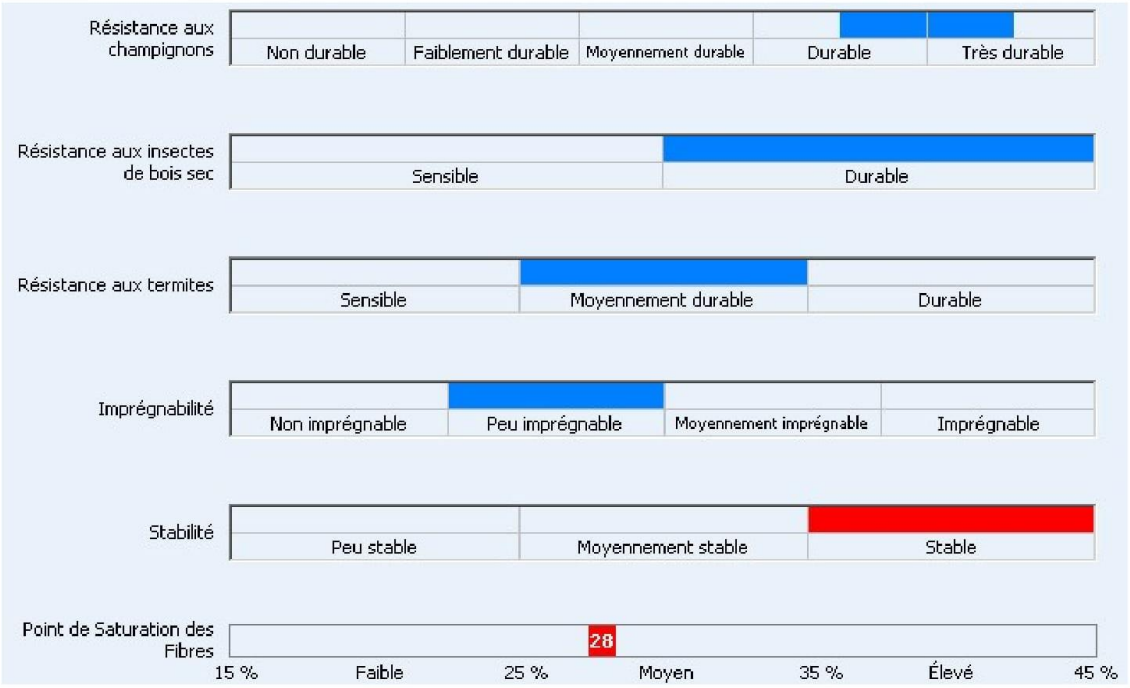
Notes : Bois présentant un intérêt pour les ouvrages où une bonne durabilité est recherchée, en même temps qu'une faible densité.

PRINCIPALES APPELLATIONS

Pays	Appellation	Pays	Appellation
Allemagne (bois tempérés)	ATLANTISCHE ZEDER	Espagne (bois tempérés)	CEDRO DEL ATLAS
France (bois tempérés)	CEDRE DE L'ATLAS	Italie (bois tempérés)	CEDRO DELL' ATLANTE
Royaume-Uni (bois tempérés)	ATLAS CEDAR		

TROPIX 7 - © 1998-2011 CIRAD - Diffusion interdite sans autorisation


Densité *
0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1,1 1,2
Très léger
Léger
Mi-lourd
Lourd
Très lourd
Dureté Monnin *
1 2 3 4 5 6 8 10 12 14 16 18 20
Très tendre
Tendre
Mi-dur
Dur
Très dur
Coefficient de retrait volumique (%)
0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8
Faible
Moyen
Fort
Retrait tangentiel total (%)
4 5 7 8 9 10 11 12
Faible
Moyen
Fort
Retrait radial total (%)
2 3 4 5 6 7 8 9 10
Faible
Moyen
Fort
Contrainte de rupture en compression (MPa) *
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
Faible
Moyenne
Forte
Contrainte de rupture en flexion statique (MPa) *
25 50 75 100 125 150 175 200
Faible
Moyenne
Forte
Module d'élasticité (x1000 MPa) *
6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32
Faible
Moyen
Fort


Résistance aux champignons
Non durable
Faiblement durable
Moyennement durable
Durable
Très durable
Résistance aux insectes de bois sec
Sensible
Durable
Résistance aux termites
Sensible
Moyennement durable
Durable
Imprégnabilité
Non imprégnable
Peu imprégnable
Moyennement imprégnable
Imprégnable
Stabilité
Peu stable
Moyennement stable
Stable
Point de Saturation des Fibres
28
15 %
Faible
25 %
Moyen
35 %
Élevé
45 %

SNC I.P.E BOUCARD
INDUSTRIE DE PLACAGE DE L'EST
PLACAGE-DEROULAGE-SCIAGE-BOIS RESINEUX ET DERIVES

FICHE TECHNIQUE

Essence : Thuya

Espèce : Thuja Koraiensis - Thuja Occidentalis – Thuja Plicata – Thuja Standishii – Thuja Sutchuenensis
ORIGINE : Régions Tempérées de l'Hémisphère Nord

CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES :

Masse volumique à 12%(kg/m3) MV12=	**370Kg/m3**
Retrait volumique pour 1%d'humidité V%=	**7.8%**
Retrait linéaire total tangentiel T%=	**4.5%**
Retrait linéaire total radial R%=	**2.1%**

UTILISATIONS

Intérieur : Lambris – Plafond
Extérieur : poteaux de vérandas, meubles de jardins tours de piscines – planchers de terrasses
Bardage extérieur

MISE EN ŒUVRE ET TRANSFORMATION :

Stabilité en service : Très Stable
Sciage : facile
Séchage : Rapide
Dureté : Faible
Usinage : très bon
Clouage : Moyen
Collage : Très facile

OBSERVATION DIVERSES

Durabilité naturelle : Excellente
Attaquable par insectes et champignons : Protégé par une huile naturelle fabriqué par ses fibres.

- donner les différentes dénominations du thuya en question (nom latin, français etc....),
- préciser l'âge des arbres si possible (cerne de l'arbre),
- décrire la coupe des trachéides,
- donner le descriptif du noyau de la section de l'arbre (droiture, diamètre, couleur, état de la surface),
- donner l'état des canaux sécréteurs,
- donner la couleur du bois,
- donner l'odeur du bois
- préciser la densité du bois,
- préciser autres caractéristiques.

NB:

Cerne

Nom masculin singulier

Cercle apparent sur la coupe d'un arbre, correspondant à un an d'âge

trachéide

Nom féminin singulier

(botanique) élément discontinu conducteur de la sève chez certaines plantes primitives

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

GÉNÉRALITÉS

On range sous cette rubrique les caractéristiques se rattachant à l'état physique du bois. Les principales sont les suivantes :

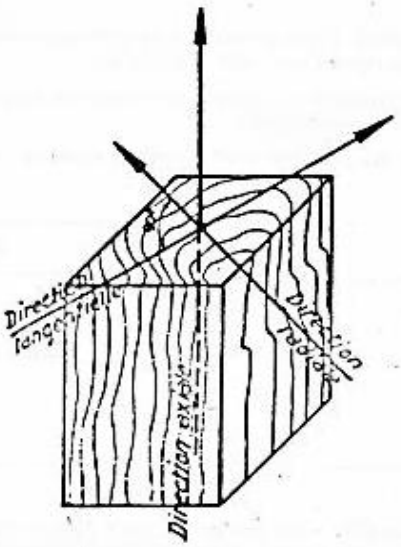
Humidité.

Rétractibilité.

Masse volumique.

Conductibilité thermique, électrique, etc.

1° Le bois est un matériau anisotrope, c'est-à-dire dont certaines propriétés physiques ou mécaniques varient suivant la direction que l'on considère.



Au point de vue physique et mécanique, on considère trois directions principales bien définies :

a) La direction axiale, parallèle au fil du bois, c'est-à-dire à l'axe de croissance de l'arbre;

b) La direction radiale, perpendiculaire à la première et orientée, dans la section droite, suivant un rayon; ou encore perpendiculaire aux traces des couches annuelles apparentes sur la section droite;

c) La direction tangentielle, prise également dans une section droite, tangentiellement aux couches annuelles, ou encore perpendiculaire à la direction radiale.

Ces trois directions principales forment un trièdre de référence qui sert à définir les mesures.

2° Le bois est une matière organique. Formé de cellules, sa masse volumique apparente diffère sensiblement de la masse volumique vraie des substances qui le constituent. Au surplus, il contient de l'eau, qui peut remplir certaines cellules, ou imprégner les parois de ses éléments.

La présence de cette eau, en proportions variables suivant l'état de siccité du bois, réagit à la fois sur le volume et sur la masse volumique. Humidité, masse volumique, volume sont donc trois facteurs subordonnés l'un à l'autre. Ils ne peuvent être déterminés que pour un état physique donné qui correspond à un certain état d'un milieu ambiant. Que celui-ci vienne à se modifier, un nouvel équilibre s'établit, auquel correspondent

HUMIDITÉ

On appelle degré d'humidité ou humidité d'un bois la quantité d'eau qu'il renferme, exprimée en pour cent de sa masse à l'état anhydre. La mesure s'en effectue conformément aux prescriptions de la norme NF B 51-004.

Un bois vert (bois sur pied ou fraichement abattu) peut avoir une humidité dépassant 100 %.

Un bois imbibé d'eau, par immersion pendant un temps plus ou moins long, peut acquérir une humidité dépassant 200 %.

Partant du bois vert, on arrive, par séchage progressif, aux stades caractérisés par l'humidité suivante :

a) **Humidité du point de saturation (*) : bois saturé.** Les cellules ne contiennent plus d'eau libre, mais leurs parois sont saturées. On dit qu'on a atteint le point de saturation de la fibre.

Au-dessus de ce point de saturation, le volume est maximal et ne se modifie plus; les résistances mécaniques ne varient plus et sont minimales. Si on descend au-dessous du point de saturation, le volume diminue et les résistances mécaniques statiques augmentent.

b) **De l'humidité du point de saturation à 23 % « bois mi-sec ».**

c) **De 22 à 18 % : bois commercialement sec,** c'est-à-dire ayant atteint un degré de siccité suffisant pour être considéré comme sec dans les transactions commerciales.

d) **De 17 à 13 % : bois sec à l'air.** L'humidité correspondante est celle du bois séché à l'air libre sous nos climats. Elle varie de 13 à 17 %, l'humidité moyenne étant de 15 %; on appelle souvent cette humidité de 15 % humidité normale.

Les dimensions du bois « sec à l'air » sont, sauf spécifications contraires, celles visées dans la normalisation des débits.

e) **Au-dessous de 13 % : bois desséché.** Cet état s'obtient par séchage artificiel en séchoir ou en étuve (ou, parfois, par séchage naturel sous des climats secs et très chauds).

f) **A 0 % : bois anhydre.** Cet état, d'ailleurs très instable, ne s'obtient que par passage à l'étuve à 100-110 °C. La reprise d'eau, dès la mise à l'air libre, est rapide.

En résumé, d'après l'humidité, les bois sont qualifiés de la manière suivante :

Humidité	Qualification
Au delà du point de saturation	Vert
Du point de saturation à 23 %	Mi-sec
De 22 à 18 %	Commercialement sec
De 17 à 13 %	Sec à l'air
Au-dessous de 13 %.....	Desséché
A 0 %	Anhydre

Remarque. — La notion d'humidité n'est valable au point de vue absolu que pour un échantillon de faibles dimensions (de l'ordre de 1 à 2 cm) parvenu à un état d'équilibre homogène et stable, par exposition de longue durée dans un milieu d'état hygrométrique donné.

Dès qu'il s'agit d'une pièce d'assez fortes dimensions, d'un madrier par exemple, l'humidité diffère suivant la partie de la pièce que l'on considère, surface ou cœur, bout ou milieu. On ne peut donc parler à propos de pièces de bois de dimensions commerciales que d'humidité moyenne, à déduire de l'humidité constatée dans ses différentes parties.

RÉTRACTIBILITÉ

On appelle rétractibilité la propriété que possède le bois de varier dans ses dimensions et son volume lorsque son humidité varie. Elle provoque les phénomènes communément désignés sous le nom de « travail » du bois et « jeu » des assemblages. Le pourcentage de variation du volume entre deux états d'humidité mesure la rétractibilité volumétrique du bois entre ces deux états. Si le volume augmente, on dit aussi gonflement du volume; s'il diminue, on dit retrait.

La rétractibilité totale est la rétractibilité mesurée entre l'état de saturation et l'état anhydre. Elle est mesurée conformément aux prescriptions de la norme [illegible] 51-006.

D'après la valeur de la rétractibilité totale, les bois sont qualifiés de la manière suivante :

Rétractibilité totale	Qualification	Exemples
20 à 15 %	Fort retrait	Grumes à grandes fentes de dessiccation à débiter rapidement (chêne, charme, frêne, etc.)
15 à 10 %	Moyen retrait	Grumes à fentes moyennes pouvant être conservées en bois ronds (bois de mines, poteaux, résineux en général).
10 à 5 %	Faible retrait	Grumes à petites fentes, aptes à la menuiserie et au déroulage (peuplier, noyer, acajou, etc.).

COEFFICIENT DE RÉTRACTIBILITÉ

Il est intéressant de connaître la variation du volume pour chaque variation de 1 % de l'humidité. Entre l'état anhydre et l'état de saturation à l'air, cette variation est en effet constante et caractérise les bois. On l'appelle coefficient de rétractibilité volumétrique. Ce coefficient se détermine conformément aux prescriptions de la norme **NF B 51-006.**

D'après sa valeur, les bois sont qualifiés de la manière suivante :

Valeur du coefficient de rétractibilité	Qualification	Exemples
0,55 à 1 %	Très nerveux	Soit des bois à débiter sur mailles (chêne dur, charme, robinier) pour lesquels le coefficient varie de 0,55 à 0,75 %, soit des bois difficilement utilisables (certains hêtres, eucalyptus, etc.), dont le coefficient varie de 0,75 à 1 %.
0,35 à 0,55 %	Nerveux	Bois de service et de construction comme les bois de charpente.
0,15 à 0,35 %	Peu nerveux	Bois de menuiserie et d'ébénisterie (noyer, bois blanc y compris résineux, chêne, frêne, hêtre tendre).

RÉTRACTIBILITÉ LINÉAIRE, SUPERFICIELLE

On peut mesurer les variations de dimensions au lieu des variations de volume. On obtient ainsi, parallèlement à la rétractibilité volumétrique, la rétractibilité linéaire. Suivant la direction de la mesure, on la qualifiera d'axiale, de radiale, de tangentielle.

La rétractibilité axiale, prise suivant le fil du bois, est très faible.

Les variations de dimensions ne sont sensibles que sur la section droite : la rétractibilité superficielle, variation de la section, est pratiquement égale à la rétractibilité volumétrique.

La rétractibilité tangentielle est en moyenne trois fois plus forte que la rétractibilité radiale, ce qui explique les phénomènes de déformation du bois au cours du séchage. C'est ainsi qu'une planche débitée sur quartier, dont la largeur est prise dans la direction radiale, aura des déformations beaucoup moins accusées qu'une planche de mêmes dimensions débitée « sur dosses », c'est-à-dire tangentiellement aux couches annuelles.

MASSE VOLUMIQUE

La masse volumique vraie des substances cellulosiques constitutives des parois cellulaires des tissus du bois est de 1,54 g/cm³ environ pour une humidité de 15 %, quelle que soit l'essence considérée.

On ne peut définir la masse volumique des bois que sous certaines conditions d'humidité. C'est ainsi que l'on distingue principalement :

La masse volumique à 15 % (bois sec à l'air) ou masse volumique normale ;

La masse volumique à 0 % (bois anhydre) ;

La masse volumique à *H* % (humidité quelconque).

Il est possible, connaissant la masse volumique déterminée à un état d'humidité quelconque H, de calculer la masse volumique à une humidité H', les humidités H et H' étant inférieures à celle du point de saturation.

Utiliser la formule :

$$D_{H'} = D_H \left[1 - \frac{(1 - v)(H - H')}{100} \right]$$

En particulier, la masse volumique à 15 % d'humidité ou masse volumique normale est :

$$D_{15} = D_H \left[1 - \frac{(1 - v)(H - 15)}{100} \right]$$

La mesure de la masse volumique D au degré d'humidité H s'effectue selon les prescriptions de la norme **NF B 51-005.**

La différence entre la masse volumique des substances cellulosiques et la masse volumique normale d'un échantillon donné rend compte du volume des vides cellulaires et, par suite, de la plus ou moins grande porosité du bois.

La masse volumique à 15 % est la principale des caractéristiques physiques. Elle sert à qualifier le bois, pour la plupart des utilisations où l'on fait appel à ses propriétés physiques et mécaniques.

Elle est variable avec l'essence et la place de prélèvement de l'échantillon. Si l'on considère l'ensemble des essences, l'échelle des masses volumiques est très large et s'étend de 0,1 à 1,5 g/cm³.

D'après la valeur de la masse volumique, les bois résineux et feuillus sont qualifiés de la manière suivante :

RÉSINEUX

Masse volumique à 15 % (g/cm³)	Qualification	Exemples (*)
Au-dessous de 0,4.....	Très légers	Pin Weymouth
0,4 à 0,5	Légers	Sapin, épicea
0,5 à 0,6	Mi-lourds	Pin sylvestre Pin maritime
0,6 à 0,7	Lourds	Pin laricio Pin maritime gemmé
Au-dessus de 0,7.....	Très lourds	Pitchpin

FEUILLUS

Masse volumique à 15 % (g/cm³)	Qualification	Exemples (*)
Au-dessous de 0,5.....	Très légers	Peuplier
0,5 à 0,65	Légers	Tilleul, bouleau, érable, frêne, chêne, hêtre tendre
0,65 à 0,8	Mi-lourds	Chêne, hêtre dur, frêne, fruitiers
0,8 à 1	Lourds	Charme, buis
Au-dessus de 1	Très lourds	Bois exotiques

DILATABILITÉ

De même que pour la plupart des corps solides, à des variations de température correspondent, pour le bois, des variations de dimensions : le bois peut se dilater sous l'influence de la chaleur. Mais ces variations sont faibles, et, en pratique, négligeables devant les variations de dimensions dues à la rétractibilité et qui s'opèrent souvent en sens inverse (une augmentation de température qui amène une dilatation est normalement accompagnée d'une diminution de l'humidité, donc d'un retrait).

On définit cependant pour le bois un coefficient de dilatation, comme étant le pourcentage de la variation d'une dimension (axiale, radiale, tangentielle) pour une variation de température de 1 °C, le bois étant pris dans les conditions initiales de 0 °C et 0 % d'humidité.

Ce coefficient, variable avec l'essence et l'échantillon, est de l'ordre de grandeur suivant :

0,03 % × 10^{-4} dans la direction axiale;

0,59 % × 10^{-4} dans la direction radiale ou tangentielle.

CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE

La conductibilité du bois se définit dans les mêmes termes que celle des autres corps solides et se mesure par des procédés analogues, empruntés à la physique.

Elle dépend de l'essence, de la masse volumique, du sens par rapport auquel on la mesure : elle est plus forte dans la direction axiale que dans la direction transversale (2 à 4 fois), dans la direction tangentielle que dans la direction radiale.

La résistivité d'un bois décroit très rapidement à mesure que l'humidité augmente. Alors qu'un bois sec constitue un bon isolant, un bois humide laisse très facilement passer le courant électrique.

On peut donner les chiffres moyens suivants comme exemples de la variation de la résistivité des bois avec la variation d'humidité :

Humidité	Résistivité (transversale) en mégohms-cm
$H = 7\ \%$	22 000
$H = 10\ \%$	600
$H = 15\ \%$	18
$H = 25\ \%$	0,5

CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

A. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Comme pour les propriétés physiques, il faut tenir compte, dans la détermination des propriétés mécaniques du bois, de sa nature particulière. En raison de sa structure fibreuse anisotrope et des variations de son humidité, il convient de fixer, d'une manière précise, les conditions dans lesquelles s'exercent les efforts mécaniques auxquels on le soumet. Ainsi on doit toujours indiquer :

1° Le sens d'application de l'effort;

2° L'humidité de la pièce ou de l'échantillon considéré.

Il a été donné, au chapitre des « Caractéristiques physiques », les définitions des directions principales (axiale, radiale, tangentielle) habituellement considérées, ainsi que certains renseignements relatifs à l'humidité du bois.

Les propriétés mécaniques, considérées dans les conditions qui viennent d'être précisées, dépendent évidemment de l'essence, mais aussi des conditions locales dans lesquelles elle a été placée, donc de l'individu et de ses particularités de croissance; dans un même arbre, de la place de prélèvement de la pièce ou de l'éprouvette d'essai.

Pour un échantillon donné, ces différentes influences se traduisent par des différences dans la structure (épaisseur plus ou moins grande des parois des éléments, diamètre des vaisseaux, etc.) et dans la composition chimique des éléments constitutifs; par l'épaisseur plus ou moins grande des accroissements annuels; par leur texture plus ou moins forte et, en dernière analyse, par la masse volumique. Celle-ci dépend, en effet, de l'essence et de ses conditions de vie, du plan ligneux et des particularités individuelles de structure; elle constitue donc, au point de vue mécanique, une base commode d'appréciation des qualités.

SOLLICITATIONS PRINCIPALES

Les efforts mécaniques auxquels doivent résister les bois mis en œuvre sont ceux qui s'exercent normalement sur les pièces constitutives des constructions ou des machines et qui sont étudiés par la théorie de la résistance des matériaux.

On sait qu'ils peuvent se ramener aux quelques efforts simples suivants :

a) Efforts de compression;

b) Efforts de traction;

c) Efforts de cisaillement.

Pour chacun d'eux, il faut distinguer entre les efforts statiques, ou lentement croissants, et les efforts dynamiques, résultant de charges brusquement appliquées ou brusquement variables. De plus, en raison de la nature particulière du bois, il faut considérer les directions par rapport auxquelles ils peuvent être exercés

On a ainsi :

1. La compression axiale parallèlement à la direction axiale et la compression transversale (ou de flanc) normale à l'axe;

2. La traction axiale parallèlement à la direction axiale et la traction perpendiculaire aux fibres;

3. Le cisaillement longitudinal s'exerçant suivant des plans parallèles à l'axe de croissance de l'arbre

ESSAIS MÉCANIQUES

Les essais mécaniques ont pour but de déterminer, sur un matériau mis à l'étude, les résistances qu'il peut offrir aux efforts qui lui sont appliqués. On choisit des efforts bien définis, appliqués dans des conditions toujours identiques, afin d'obtenir des résultats comparables entre eux.

En ce qui concerne les bois, l'expérience montre qu'on peut s'en tenir aux essais courants ci-après :

1° Essais mécaniques de cohésion axiale

a) Compression simple, axiale;
b) Flexion statique, sous charge centrale;
c) Flexion dynamique, ou résilience, par choc central.

2° Essais mécaniques de cohésion transversale

a) Dureté de flanc;
b) Cisaillement;
c) Compression de flanc;
d) Traction perpendiculaire aux fibres;
e) Fissilité.

Les essais a) et e) particuliers au bois, sont destinés à déterminer la résistance opposée aux efforts de pénétration d'un corps dur ou au décollement des couches annuelles par fendage.

COMPARAISON DES RÉSULTATS D'ESSAIS

Les résultats des essais effectués sur les bois, quelle que soit la méthode utilisée pour les obtenir, ne peuvent être comparés entre eux que si l'on tient compte des conditions ci-après :

1° Humidité. — Les résistances mécaniques varient avec l'humidité du bois. Elles diminuent régulièrement d'une valeur maximale atteinte pour le bois « anhydre » à une valeur minimale atteinte lorsque le bois arrive au « point de saturation ». La valeur de la variation est d'environ 4 % pour une variation d'une unité dans l'humidité en ce qui concerne la compression. Ainsi un échantillon qui, à 15 % d'humidité, présente une résistance de 400 bar (*) à la compression axiale n'aura que 320 bar à 20 % d'humidité et atteindra au contraire 480 bar à 10 %. En flexion, la variation est plus faible et n'atteint pas 2 %.

Il est donc indispensable, pour comparer entre eux les résultats d'essais, de les considérer à une humidité. Il faut donc, soit opérer dans des conditions d'humidité toujours identiques, soit corriger les résultats obtenus à une humidité quelconque, pour les ramener à une humidité prise pour terme de comparaison. Les corrections s'effectuent au moyen d'un coefficient de correction dit « tenue à l'humidité » déterminé expérimentalement lors de chaque essai.

La détermination de ce coefficient s'effectue suivant les prescriptions de la norme NF B 51-007.

L'humidité de 15 %, qui correspond aux conditions dites « normales », est celle à laquelle on ramène, en général, tous les résultats d'essais.

2° Masse volumique. — Les valeurs absolues des résistances mécaniques, qui dépendent évidemment de l'essence, de l'individu et même de la partie de l'arbre d'où provient l'échantillon, peuvent varier, dans une seule et même pièce, du simple au double, suivant la place de prélèvement de l'éprouvette. Il en résulte qu'il est très difficile de tirer des conclusions générales d'essais effectués sur un certain nombre d'échantillons. Mais il n'en est plus de même si l'on tient compte de la masse volumique. Si l'on rapporte, en effet, lors de chaque essai, les valeurs des résistances mécaniques aux masses volumiques correspondantes, on obtient des chiffres, sinon constants, du moins sans variations systématiques. Il est donc possible d'en faire usage pour caractériser une essence ou pour comparer entre eux des résultats d'essais.

PROBLÈMES GÉNÉRAUX

Les problèmes qui se présentent en pratique peuvent se classer en deux catégories différentes.

1° Qualification du bois. — On peut se proposer, en premier lieu, de qualifier le matériau bois, afin de connaître ses qualités intrinsèques et ses possibilités d'utilisation. Il faut alors envisager de caractériser non pas une pièce de bois mise en œuvre, mais la matière ligneuse qui la constitue indépendamment de ses qualités technologiques. C'est l'essai de qualification qui permet de déterminer les caractéristiques mécaniques d'une essence.

Cet essai s'effectue sur des éprouvettes de faibles dimensions, sans nœud, ni défaut. Les résultats sont rapportés aux masses volumiques de manière à obtenir des caractéristiques à masse volumique égale et à éliminer les variations trop importantes dues aux différences de masse volumique, déjà signalées. Les rapports ainsi obtenus sont appelés les cotes de qualité du bois examiné : beaucoup moins dispersés que les caractéristiques absolues, ils permettent d'établir des moyennes acceptables et des échelles de comparaison ou échelles de qualification.

L'essai de qualification sera effectué pour étudier les qualités d'une essence et déterminer ses caractéristiques, pour l'étude des influences diverses (sol, climat, traitement) qui peuvent agir sur l'arbre pour modifier les qualités du bois et pour l'étude de problèmes particuliers (influences diverses sur les qualités du bois : séchage, traitements d'amélioration, imprégnation, ignifugation, etc.).

2° Détermination des résistances d'emploi. — On peut être, au contraire, amené, en vue d'une utilisation déterminée (charpente, construction spéciale, etc.), à rechercher les valeurs des résistances mécaniques et celles des fatigues de sécurité à introduire dans le calcul des pièces. C'est le problème habituel de l'essai mécanique des bois, qui se présente d'une manière analogue pour les divers matériaux de construction.

Les résistances mécaniques d'une pièce dépendent de l'essence, de ses particularités de structure, de la présence et de la dimension de certains défauts (nœuds, fentes, etc.), c'est-à-dire, au total, de son choix technologique. L'essai peut se pratiquer sur des échantillons convenablement choisis ou sur des pièces prêtes à être mises en œuvre (poteaux, poutres, etc.). L'influence des défauts, la détermination des charges de sécurité, les résistances des assemblages et des pièces composées sont autant de problèmes qui se posent à ce propos.

B. — QUALIFICATION DES BOIS

DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

GÉNÉRALITÉS

Dans son ensemble, le bois se présente dans la direction axiale (de fil) comme une matière rigide, résistante, dure; dans la direction transversale (de flanc), comme une matière plastique peu résistante.

La notion de limite élastique est difficile à préciser, même dans la direction axiale. On ne peut retenir pratiquement que la limite de rupture, facile à mesurer dans la plupart des cas. Il est cependant possible de déterminer au moyen d'appareils spéciaux, et pour de petites déformations, des coefficients d'élasticité à la traction ou à la compression. Dès que les déformations atteignent une certaine valeur, ces deux coefficients sont différents pour un même échantillon, les déformations de traction, étant, à charge égale, plus faibles que les déformations de compression; le coefficient d'élasticité à la traction est plus élevé que le coefficient à la compression. Le coefficient d'élasticité déduit de la mesure des flèches en flexion a une valeur intermédiaire; en raison de la facilité des mesures, il est souvent pris comme coefficient d'élasticité du bois considéré.

Dans ce qui suit, sauf indication contraire, ces résistances mécaniques à la rupture sont seules considérées.

Les résistances mécaniques mesurées sur du bois de droit fil et sans défaut et ramenées aux conditions normales (15 % d'humidité) dépendent, pour une essence donnée, de la masse volumique.

En général, pour la même essence, les résistances aux efforts statiques (compression, flexion) sont d'autant plus élevées que la masse volumique est plus forte. Or la masse volumique est liée au mode de croissance.

Pour les résineux, les bois à faibles accroissements (pays froids, altitude élevée) ont des masses volumiques élevées, de hautes résistances. Mais il existe pour chaque provenance, un optimum dans l'épaisseur des accroissements. Si ceux-ci deviennent très minces, les résistances mécaniques tendent à diminuer.

Pour les bois feuillus de structure hétérogène (chêne), ceux à croissance rapide, à larges accroissements, ont les résistances les plus fortes. Au contraire, ceux à accroissements minces sont les plus tendres, les moins résistants. Les premiers donneront surtout des bois de charpente et de résistance, les seconds des bois de menuiserie.

CARACTÉRISTIQUES DE COHÉSION AXIALE

TRACTION

Les essais de traction sont difficilement réalisables. La résistance à la traction est, en effet, très élevée, dépassant souvent le double de la résistance à la compression. L'éprouvette à essayer étant maintenue sur la machine de traction par ses extrémités au moyen d'attaches spéciales, il faut prendre un soin tout particulier pour éviter l'écrasement de ces extrémités ou la rupture prématurée au voisinage des têtes de fixation. En général, on obtient une rupture par cisaillement ou arrachement au niveau des attaches.

En raison des difficultés de sa réalisation, l'essai à la traction n'est pas utilisé pour la qualification des [illegible] normalisation [illegible] poursuivie. Il faut cependant que certaines normes étrangères

COMPRESSION

Les essais de compression sont facilement réalisables par écrasement d'une éprouvette entre les plateaux d'une machine d'essai et la charge de rupture peut se mesurer avec précision. La rupture se produit soit par éclatement de l'éprouvette suivant un plan de faible résistance (plan radial) le plus souvent, soit par glissement et cisaillement, suivant un plan oblique sur l'axe, soit par combinaison de ces deux phénomènes.

La résistance à la compression axiale se mesure conformément aux prescriptions de la norme NF B 51-007.

Elle s'exprime en bars (*).

On la désigne par le symbole C (C_{15} résistance à 15 % d'humidité).

Elle permet de déterminer :

a) La cote de qualité statique, définie par le rapport $S_t = \frac{C_{15}}{100\ D_{15}}$, où D_{15} représente la masse volumique à 15 %.

b) La cote de qualité spécifique, définie par le rapport $S_p = \frac{C_{15}}{100\ D^2_{15}}$, à peu près constante pour une essence donnée et caractérisant par suite l'essence en question.

Par exemple, un bois de sapin dont la résistance à la compression est $C_{15} = 400$ bar et dont la masse volumique est $D_{15} = 0{,}470$ g/cm³ aura comme cotes de qualité : $S_t = 8{,}5$ et $S_p = 18$.

Les bois sont classés et qualifiés d'après leurs résistances à la compression et leurs cotes spécifiques ou statiques, dans le tableau ci-après.

Catégories		Résistance C_{15} (bar)	Cote statique $S_t = C_{15}/100\ D_{15}$		
			TENDRES	MI-DURS	DURS
RÉSINEUX	Inférieur	250-350	$S_t \leqslant 5$	$S_t \leqslant 7$	$S_t \leqslant 6$
	Moyen	350-450	$8 < S_t < 8{,}5$	$7 < S_t < 8{,}5$	$6 < S_t < 7{,}5$
	Supérieur	450-600	$S_t \geqslant 9{,}5$	$S_t \geqslant 8{,}5$	$S_t \geqslant 7{,}5$
Cote spécifique		$S_p = C_{15}/100\ D^2_{15}$	$20 > S_p > 15$	$15 > S_p > 12{,}5$	$12{,}5 > S_p > 10$

Catégories		TENDRES (et acajous)		MI-DURS (durs français)		DURS (tropicaux)		TRES DURS (tropicaux)	
		C_{15}	S_t	C_{15}	S_t	C_{15}	S_t	C_{15}	S_t
		bar		bar		bar		bar	
FEUILLUS	Inférieur	200-300	$S_t \leqslant 7$	275-375	$S_t \leqslant 6$	400-500	$S_t < 6$	500-600	$S_t \leqslant 7$
	Moyen	300-400	$7 < S_t < 8$	375-475	$6 < S_t < 7$	500-700	$6 < S_t < 7$	600-800	$7 < S_t < 8$
	Supérieur	400-600	$S_t \geqslant 8$	475-600	$S_t \geqslant 7$	700-800	$S_t \geqslant 7$	800-1000	$S_t \geqslant 8$
Cote spécifique		S_p	$20 > S_p > 12{,}5$		$12{,}5 > S_p > 9$		$9 > S_p > 8$		$S_p < 8$

FLEXION STATIQUE

La résistance à la flexion statique se déduit d'un essai de flexion simple. Cet essai est réalisé habituellement sur une éprouvette posée sur deux appuis et supportant en son milieu une charge lentement croissante, jusqu'à la rupture de l'éprouvette. Mais, en raison de la nature particulière du bois (différence sensible des déformations de traction et de compression sous les mêmes fatigues, plasticité dans la direction transversale amenant une pénétration plus ou moins profonde des couteaux, etc.) et de l'application à la rupture d'une formule valable seulement pour les petites déformations, la formule habituelle de la flexion plane représente mal le phénomène. Les chiffres des résistances unitaires qu'elle donne varient, pour le même échantillon, avec la portée et surtout l'équarrissage de la pièce soumise à la flexion.

Pour les essais de qualification, pièce posée sur deux appuis et chargée en son milieu, on appliquera au lieu de la formule habituelle donnant la fatigue :

$$\frac{3\,PL}{2\,bh^2}$$

la formule empirique pratique :

$$F = \frac{3\,PL}{2\,bh^2}$$

où :

F = chiffre caractérisant la [illegible] de rupture à la flexion,

P = charge de rupture de l'éprouvette en décanewtons(**).

(*) 1 hectogramme [illegible] carré = 1 [illegible]

L = portée en centimètres;

b = largeur de la section droite en centimètres;

h = hauteur de la section droite en centimètres.

L'exposant n, dit indice de forme, dépend de la qualité technologique du bois considéré et prend les valeurs approximatives suivantes :

Bois parfaits, sans nœud ni défaut ..... $n = \frac{11}{6}$

1er choix (bois d'aviation, menuiserie fine) ..... $n = \frac{10}{6}$

2e choix (bois de charpente et de menuiserie commune) ..... $n = \frac{9}{6}$

3e choix (bois de qualité inférieure) ..... $n = \frac{8}{6}$

Si l'on rapporte le chiffre de fatigue de rupture à la flexion F_{15} (ramenée à l'humidité normale de 15 %) à la masse volumique D_{15} on obtient la cote de flexion $\frac{F_{15}}{100\ D_{15}}$

Le rapport de la portée L à la flèche de rupture f, exprimées avec la même unité, permet de définir la cote de raideur $\frac{L}{f}$

Enfin le rapport du chiffre de résistance de rupture à la flexion F_{15} à la résistance à la compression C_{15} donne une nouvelle caractéristique $\frac{F_{15}}{C_{15}}$, dite cote de ténacité.

Ces diverses grandeurs se déterminent conformément aux prescriptions des normes NF B 51-005 NF B 51-007, NF B 51-008

Les trois éléments ainsi définis, cote de flexion, cote de raideur, cote de ténacité, permettent de qualifier et de classer les échantillons au point de vue de leurs résistances à la flexion.

Le tableau suivant donne les échelles de comparaison qui peuvent être adoptées.

Cote de flexion	$\frac{F_{15}}{100\ D_{15}}$	Faible	10 à 15
		Moyenne	15 à 20
		Forte	20 à 25
Cote de ténacité	$\frac{F_{15}}{C_{15}}$	Peu tenace	< 2
		Moyennement tenace	2 à 3
		Très tenace	3 à 4
Cote de raideur	$\frac{L}{f}$	Raide	50 à 40
		Moyen	40 à 30
		Élastique	30 à 20

FLEXION DYNAMIQUE OU CHOC

L'essai de flexion dynamique, ou choc, est un essai analogue à l'essai de flexion statique (éprouvette posée sur deux appuis, charge centrale), mais dans lequel la rupture est obtenue par l'effet d'un effort brusquement appliqué au lieu d'une charge lentement croissante. Il est réalisé au moyen d'un mouton-pendule dans les conditions définies par la norme NF B 51-009.

La grandeur mesurée à l'essai est le travail total de rupture ou résilience : W, exprimé en kgm (*).

Il n'est pas possible d'indiquer une formule mathématique permettant de passer de cette grandeur à la fatigue unitaire ou de calculer, pour une portée ou un équarrissage donné, la résilience correspondant à une autre portée ou un autre équarrissage. Certaines normes étrangères rapportent cependant le travail W à la section droite de l'éprouvette, quoiqu'il n'y ait pas proportionnalité entre ces deux grandeurs.

Pour la qualification du bois par l'essai au choc, on adoptera une formule d'homologie considérée également dans les normes de l'aéronautique. Elle permet de déterminer un coefficient empirique : k, dit coefficient de résilience, caractéristique de l'essence ou de l'échantillon :

$$k = \frac{W}{100.b.h^{\frac{10}{6}}}$$

b, h, dimensions transversales de l'éprouvette en centimètres;
W, travail total de rupture en kilogrammes-mètre.

En rapportant le coefficient k au carré de la masse volumique D, celle-ci étant prise au moment de l'essai, on obtient la cote dynamique, $\frac{k}{D^2}$ qui permet de comparer les essences entre elles.

Le tableau ci-dessous indique, d'après les valeurs de la cote dynamique, la qualification à appliquer aux bois.

Cote dynamique $\frac{k}{D^2_{12}}$	Qualification	Échelle de comparaison
Inférieure à 0,8	Fragiles ou cassants	Bois inaptes aux emplois mobiles.
Comprise entre 0,8 et 1,2	Moyennement résilients	Bois d'emplois soumis aux chocs et vibrations (wagons, carrosserie, traverses, caisserie, merrains, bois de travail).
Supérieure à 1,2	Résilients	Bois d'aviation, manches d'outils, skis, etc.

L'influence de l'humidité est faible ou nulle vis-à-vis de la résilience à l'inverse de ce qui se passe dans les essais statiques.

D'une manière générale, l'essai au choc est un essai d'importance toute particulière. Il permet non seulement de qualifier les bois résilients aptes aux emplois mobiles, mais encore de déceler d'une manière rapide et précise les échantillons anormaux, quelle que soit leur utilisation ultérieure. C'est ainsi que les traitements ou les modifications chimiques subis par le bois peuvent avoir une influence très sensible sur ses résistances dynamiques. Tel échantillon présentant une échauffure peu accusée, ou ayant subi un traitement physique ou chimique (étuvage, imprégnation, etc.), et qui, par ailleurs, possède des résistances de compression ou de flexion statique satisfaisantes donnera à l'essai au choc des résultats nettement inférieurs à ceux de l'échantillon normal.

Comme, au surplus, cet essai n'exige qu'un matériel relativement simple pour être réalisé (mouton-pendule), il a été choisi dans certains cas comme essai unique dans les réceptions rapides des bois au moment de l'emploi ou sur des pièces après usinage.

CARACTÉRISTIQUES DE COHÉSION TRANSVERSALE

DURETÉ

La dureté intervient en première place, et à juste titre, dans la classification commerciale des bois.

Il est assez difficile de la définir par un essai, en raison du manque d'homogénéité du bois et de sa structure discontinue (alternance des zones de bois de printemps, plus tendres, et des zones de bois d'été, plus dures).

Une mesure de dureté en bout effectuée sur la section transversale par pénétration d'une bille d'acier jusqu'à son grand axe, ne peut servir à la qualification : l'idée de dureté en matière de bois vise plutôt la résistance à la pénétration d'outils, de clous, de vis, etc., entamant le bois par le flanc et non par le bout.

C'est la raison pour laquelle la présente norme adopte la méthode dite de Chalais-Meudon, qui définit la dureté de flanc par un essai de pénétration de flanc (perpendiculairement à l'axe) intéressant une surface assez large pour comprendre à la fois un assez grand nombre de couches annuelles. L'essai de dureté est effectué conformément aux prescriptions de la norme NF B 51-013.

Il donne un chiffre de dureté N, qui permet de classer les bois suivant les indications du tableau ci-après :

Nature des bois	Valeur du chiffre de dureté	Qualification	Échelle de comparaison
Résineux	1 à 2	Tendres	Sapin, épicéa, pin Weymouth.
	2 à 4	Mi-durs	Pin sylvestre, Pin maritime, Mélèze.
	4 à 20	Durs	Pin laricio de Corse, Pitchpin, if.
Feuillus	0,2 à 1,5	Très tendres	Balsa, certains peupliers.
	1,5 à 3	.....	Aulne, tilleul, bouleau.
	3 à 6	Mi-durs	Chêne, hêtre, frêne, orme, robinier.
	6 à 9	Durs	Buis, charme, cormier.
	9 à 20	Très durs ...	Chêne vert, bois exotiques, bois de fer.

En rapportant le chiffre de dureté au carré de la masse volumique, on obtient la cote de dureté $\frac{N}{D^2_1}$ qui met en évidence des bois présentant des duretés exceptionnelles par rapport à leur masse et qui permet d'établir le classement suivant :

Valeur de la cote de dureté	Qualification	Échelle de comparaison
3 à 6	Faible	Bois de menuiserie.
6 à 9	Normale	Bois de travail.
9 à 12	Forte	Bois pour emplois spéciaux.

CISAILLEMENT

La résistance au cisaillement intervient dans de très nombreuses applications mécaniques : assemblages, poutres fléchies, pièces de machines, etc. Or, en raison de sa structure même, le bois est mal organisé pour résister à des efforts de ce genre, et en particulier au cisaillement longitudinal, sur des plans passant par l'axe.

Il est donc important de déterminer par des essais les caractéristiques correspondantes.

Le cisaillement pur n'est malheureusement que très difficilement observable, et l'on ne peut réaliser que des essais où les fatigues de cisaillement dominent, mais où interviennent en même temps des fatigues de traction, de compression, de flexion. Chaque ordre d'application demandera donc des essais spéciaux : on pourra les comprendre parmi ceux qui serviront à la détermination des résistances d'emploi (voir chapitre C, ci-dessous); mais il n'est pas possible de les normaliser. La norme envisage seulement l'essai de cisaillement longitudinal, utilisable également dans l'étude des contreplaqués.

Les résultats fournis par cet essai permettent de fixer des résistances unitaires au cisaillement du bois, valables dans les conditions fixées par la norme et voisines de :

70 D_{15} pour les bois résineux;
80 D_{15} pour les feuillus tendres;
90 D_{15} pour les feuillus durs.

On peut définir, en rapportant la résistance à la masse volumique, une cote de cisaillement $\frac{Cs_{15}}{100\ D_{15}}$ permettant la comparaison des différentes essences entre elles.

COMPRESSION DE FLANC

La résistance à la compression est beaucoup plus faible dans la direction transversale que dans la direction axiale. La période de déformation élastique est très réduite, sinon inexistante.

Sous l'influence de la charge, les affaissements deviennent rapidement importants, en raison de l'écrasement successif des différents éléments du bois. On distingue assez nettement un palier sur la courbe d'augmentation des efforts; les charges tendent ensuite à augmenter sur l'éprouvette désorganisée et aplatie.

On donne le nom de résistance à la compression de flanc C_{pp} à la fatigue correspondant au palier signalé.

On a environ, pour une essence de masse volumique D_{15} :

$$C_{pp15} \text{ en bar} = 300\ D^2_{15}$$

La normalisation de l'essai n'est pas à envisager.

TRACTION PERPENDICULAIRE AUX FIBRES

Le bois résiste très mal à la traction dans la direction transversale, au point qu'il est conseillé, dans la construction courante, d'éviter tout effort de ce genre.

La traction transversale peut cependant permettre, au point de vue de la qualification des bois, de se rendre compte de l'adhérence mutuelle des fibres. De même, elle peut permettre d'essayer la résistance mécanique de certains collages. La norme NF B 51-010 définit les conditions d'exécution de l'essai de traction perpendiculaire aux fibres qui permet de déterminer une résistance unitaire de rupture appelée : résistance à la traction perpendiculaire aux fibres à 15 % d'humidité :

$$T_{pp15}$$

En rapportant cette résistance à la masse volumique de l'échantillon, on définit la cote d'adhérence :

$$\frac{T_{pp15}}{\ldots}$$

On peut classer les bois d'après les valeurs de la cote d'adhérence, suivant les indications du tableau ci-après :

Valeur de la cote d'adhérence	Qualification	Échelle de comparaison
0,15 à 0,30	Peu adhérent	Bois de fente : résineux, chêne et châtaignier (direction radiale).
0,30 à 0,45	Moyennement adhérent	Bois d'usage courant.
0,45 à 0,60	Très adhérent	Bois de travail (charronnage, etc.), orme tortillard, noyer.

FISSILITÉ

La fissilité est une des caractéristiques des matériaux fibreux. Mais il est difficile de la mettre en évidence par un essai.

Les résultats obtenus varient, en effet, suivant la forme de l'éprouvette soumise aux essais, le mode d'application de l'effort, etc. Il faut donc s'en tenir à des essais comparatifs pratiqués dans des conditions identiques. La norme NF B 51-011 définit les conditions de l'essai de fissilité.

L'effort de fendage est sensiblement proportionnel à la largeur du fendage : on en déduit une résistance au fendage exprimée en décanewton (*) par centimètre de largeur d'éprouvette normalisée : F_{end}.

En rapportant cette résistance à 15 % d'humidité à la masse volumique D_{15}, on obtient la cote de fissilité $\frac{F_{end\,15}}{100\ D_{15}}$ qui permet de qualifier les bois suivant les indications du tableau ci-après :

Valeur de la cote de fissilité	Qualification	Échelle de comparaison
0,10 à 0,20	Très fissile	Bois de fente.
0,20 à 0,30	Moyennement fissile	Bois d'usage courant.
0,30 à 0,40	Peu fissile	Bois de travail ou pour usages spéciaux.

Comme la résilience, la résistance au fendage est très influencée par l'état du bois et l'essai permet souvent de déceler les échantillons anormaux, échauffés, étuvés, traités, etc.

DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES D'EMPLOI

Les résistances effectives des bois mis en œuvre dépendent de multiples facteurs, notamment :

1° Des caractéristiques mécaniques de l'essence qui donnent les chiffres de base des résistances;

2° Du choix technologique du bois utilisé qui se manifeste par l'importance, le nombre, la place des défauts et des altérations ou par les variations de la structure;

3° De la forme des pièces, de leurs dimensions et de leurs modes d'assemblage.

Il est donc nécessaire d'examiner l'influence de chacun de ces facteurs, en les isolant, en chiffrant leur importance respective et en tirant de là des conclusions sur la manière dont on peut en tenir compte dans le calcul des pièces. Mais, si la détermination des caractéristiques mécaniques est relativement aisée, le problème de l'influence du choix technologique est compliqué du fait que le bois est produit par un être vivant et que, par suite, les variations des éléments fixant ce choix technologique sont en nombre pratiquement infini.

Il résulte de là que la détermination des résistances d'emploi ne pourra être effectuée avec quelque précision qu'à condition de faire des essais directs sur pièces mises en œuvre ou fabriquées, aux dimensions réelles et dans les conditions mêmes de l'utilisation, ou, en tout cas, sur des échantillons qui en seront aussi voisins que possible.

On ne peut donc parler ici, comme en matière de qualification, de normalisation des essais. Mais on pourra normaliser certaines des conditions de ces essais, en vue d'éliminer les causes des variations les plus sensibles. C'est ainsi que, si les dimensions des pièces sont de type quelconques, on pourra, dans certains cas, des rapports entre certaines d'entre elles (élancement des poteaux, hauteur relative de flexion des poutres, etc.), pour pouvoir effectuer plus facilement certaines comparaisons.

Bois

NF B 51-004

Détermination de l'humidité

Septembre 1985

1 OBJET ET DOMAINE d'APPLICATION

La présente norme a pour objet de fixer la méthode à utiliser pour déterminer l'humidité du bois en vue notamment des essais physiques et mécaniques.

2 RÉFÉRENCE

NF B 51-003 Bois — Conditions générales d'essais — Essais physiques et mécaniques

3 PRINCIPE

Détermination, par pesées, de la diminution de masse d'une éprouvette ou d'un lot d'éprouvettes après dessiccation et calcul en pourcentage du rapport entre la diminution de masse constatée et la masse de l'éprouvette ou du lot d'éprouvettes anhydre.

4 APPAREILLAGE

4.1 Balance précise à 0,01 g permettant de peser à 0,5 % près.

4.2 Étuve ventilée permettant de maintenir la température à 103 °C ± 2 °C.

4.3 Dessiccateur contenant une matière absorbante (chlorure de calcium, anhydride phosphorique) assurant la dessiccation de l'air.

5 PRÉCISION DE MESURAGE

Les incertitudes de mesurage acceptables sont les suivantes :

— masse à 0,5 % près,

— température ± 0,5 °C.

6 ÉPROUVETTES

Reprendre les éprouvettes utilisées pour d'autres essais physiques et mécaniques ou des fragments, de forme quelconque, après rupture.

Le mode de prélèvement et la préparation des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003 et dans chaque norme d'essai.

7 MODE OPÉRATOIRE

Remarque importante :

Du fait de la méthode, l'humidité obtenue est celle de l'éprouvette au moment de la première pesée. Effectuer cette pesée immédiatement après le prélèvement. Prendre toute précaution pour maintenir l'éprouvette à la même humidité.

7.1 Peser l'éprouvette à 0,5 % de sa masse m.

7.2 Déshydrater l'éprouvette dans l'étuve (4.2) jusqu'à masse constante. La masse de l'éprouvette est considérée comme constante lorsque la perte de masse entre deux pesées successives effectuées à 4 h d'intervalle est inférieure ou égale à 0,5 % de la masse de l'éprouvette.

7.3 Peser l'éprouvette anhydre à 0,5 % de sa masse après son refroidissement dans le dessiccateur(4.3) (m_o). Cette pesée doit être effectuée rapidement afin d'éviter une reprise d'humidité supérieure à 0,1 %.

8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

8.1 Calculer l'humidité H de chaque éprouvette exprimée en pourcentage à l'aide de la formule suivante :

$$H = \frac{m_H - m_o}{m_o} \times 100$$

où :

m_H est la masse, en grammes, de l'éprouvette avant dessiccation.

m_o est la masse, en grammes, de l'éprouvette anhydre.

Indiquer le résultat à 0,1 % près.

8.2 L'humidité du lot d'éprouvettes est égale à la moyenne arithmétique arrondie à 0,1 % des résultats obtenus sur chaque éprouvette.

9 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus. Il doit, en outre mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la norme ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le procès-verbal doit mentionner notamment :

— la référence à la présente norme,
— l'essence du bois, la provenance si possible,
— le mode d'échantillonnage,
— les résultats des essais et leurs caractéristiques statistiques.

ISSN 0335-3931

norme française

NF B 51-005
Septembre 1985

Bois

Détermination de la masse volumique

E : Wood — Determination of density
D : Holz — Bestimmung der Rohdichte

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 20 août 1985 pour prendre effet le 20 septembre 1985.

Remplace la norme homologuée de même indice de février 1942.

correspondance

La présente norme comporte un certain nombre de divergences mineures par rapport à la norme internationale ISO 3131, approuvée à l'époque par la France.

analyse

Dans la série traitant des méthodes d'essais générales des bois sur éprouvettes de petites dimensions sans défaut, la présente norme décrit la méthode permettant de déterminer la masse volumique du bois, nécessaire aux essais physiques et mécaniques.

descripteurs

Thesaurus International Technique : bois, mesurage, masse volumique, appareillage, éprouvette d'essai, humidité.

modifications

Par rapport à la norme homologuée, de même indice, de février 1942 : norme complétée et précisions apportées.

corrections

... diffusée par l'association ... de normalisation (afnor), ... cedex 7 92080 paris la ... (1) 778.13.26

afnor 85363

© afnor 1985

1er tirage 85-08

Bois

NF B 51-005

Détermination de la masse volumique

Septembre 1985

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme a pour objet de fixer la méthode à utiliser pour déterminer la masse volumique du bois en vue des essais physiques et mécaniques.

Commentaire

Cette caractéristique est toujours indiquée en fonction de l'humidité.

C'est ainsi que l'on distingue :

— la masse volumique m_{VH} à l'humidité H % au moment de l'essai,

— la masse volumique m_{Vo} à l'état anhydre,

— la masse volumique basale mVB qui est le rapport de la masse de l'éprouvette à l'état anhydre à son volume à une humidité supérieure au point de saturation des parois cellulaires.

2 RÉFÉRENCES

NF B 51-003 Bois — Conditions générales d'essais — Essais physiques et mécaniques

NF B 51-004 Bois — Détermination de l'humidité

NF B 51-006 Bois — Détermination du retrait

3 PRINCIPE

Détermination de la masse par unité de volume d'une éprouvette ou d'un lot d'éprouvettes.

4 APPAREILLAGE

4.1 Balance précise à 0,01 g près

4.2 Voluménomètre à mercure permettant de déterminer le volume à 0,003 cm^3 près.

4.3 Étuve ventilée permettant de maintenir la température à 103 °C ± 2 °C.

4.4 Dessiccateur contenant une matière absorbante (chlorure de calcium, anhydride phosphorique) assurant la dessiccation de l'air.

5 PRÉCISION DE MESURAGE

Les incertitudes de mesurage acceptables sont les suivantes :

— volume ± 0,003 cm^3

— masse ± 0,01 g

6 ÉPROUVETTES

Les éprouvettes sont constituées par des cubes de 20 mm de côté (20 mm ± 0,5 mm pour H = 12 % ± 1 %).

Prélever 2 séries d'éprouvettes.

La première série est utilisée pour la détermination de la masse volumique m_{VH} correspondant à l'humidité au moment de l'essai ou après conditionnement.

La seconde série est réservée à la détermination de la masse volumique basale m_{VB} et de la masse volumique anhydre m_{Vo}. L'ordre des mesures effectuées sur les éprouvettes de cette seconde série est impérativement le suivant :

a) volume à l'état saturé V_s

b) masse à l'état anhydre m_o

c) volume à l'état anhydre V_o

Le mode de prélèvement, la préparation et le conditionnement des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003.

7 MODE OPÉRATOIRE

7.1 Masse volumique correspondant à l'humidité au moment de l'essai m_{VH}

Peser chaque éprouvette à 0,01 g près.

Déterminer leur volume à 0,003 cm^3 près au moyen du voluménomètre (4.2), si l'humidité H est inférieure au point de saturation.

Après la mesure du volume, procéder à un étalonnage au zéro du voluménomètre, de manière à tenir compte du mercure éventuellement absorbé par l'éprouvette.

Déterminer l'humidité de chaque éprouvette selon NF B 51-004.

7.2 Masse volumique basale m_{VB} et masse volumique à l'état anhydre m_{Vo}

7.2.1 Détermination du volume saturé V_s

Si les éprouvettes sont à une humidité inférieure au point de saturation des parois cellulaires (1), les plonger dans l'eau distillée à la température ambiante 20 °C ± 5 °C. Il est possible d'accélérer leur imprégnation par l'eau en les soumettant à un vide. Le point de saturation est atteint lorsque l'augmentation du volume constatée entre deux mesures successives effectuées à 4 h d'intervalle est inférieure à 0,01 cm^3.

Déterminer le volume de chaque éprouvette par poussée d'Archimède.

7.2.2 Détermination de la masse anhydre m_o

Procéder au séchage des éprouvettes, tout d'abord à l'air, puis à leur dessiccation jusqu'à masse constante en étuve (4.3), en augmentant lentement la température jusqu'à 103 °C ± 2 °C. La masse est considérée comme constante lorsque la perte de masse entre deux pesées successives, effectuées à 4 h d'intervalle, est inférieure ou égale à 0,5 % de la masse de l'éprouvette.

Immédiatement après sortie de l'étuve et refroidissement dans le dessiccateur, peser chaque éprouvette.

7.2.3 Détermination du volume anhydre V_o

Immédiatement après pesée de chaque éprouvette anhydre, déterminer leur volume comme précisé en 7.1.

---

(1) Dans la suite du texte, seul le terme « point de saturation » est utilisé.

8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

8.1 Calculer la masse volumique m_{VH} correspondant à l'humidité au moment de l'essai pour chaque éprouvette à l'aide de la formule suivante :

$$m_{VH} = \frac{m_H}{V_H}$$

où :

m_H est la masse, en kilogrammes (grammes), de l'éprouvette à l'humidité H

V_H est le volume, en mètres cubes (centimètres cubes), de l'éprouvette à l'humidité H.

La masse volumique m_{VH} est exprimée en kilogrammes par mètre cube —kg/m^3 (grammes par centimètre cube — g/cm^3) et le résultat est arrondi comme précisé en 8.4.

Note : Si les éprouvettes, pour cette détermination, ne sont pas stabilisées à 12 % d'humidité, et si leur humidité est inférieure au point de saturation, ramener la masse volumique à l'humidité de 12 % à l'aide de la formule suivante :

$$m_{V12} = m_{VH} \left[\frac{112}{100 + H}\right] \left[\frac{100 - r_v (H_s - H)}{100 - r_v (H_s - 12)}\right]$$

où :

H est l'humidité, en pourcentage, au moment de la mesure,

H_s est l'humidité, en pourcentage, correspondant au point de saturation ; elle peut être obtenue en traçant la courbe de retrait par rapport à l'humidité. À défaut, adopter pour H_s la valeur moyenne de 30 %,

r_v est le coefficient de retrait volumique, en pourcentage, pour une variation d'humidité de 1 % (voir NF B 51-006).

La masse volumique m_{V12} est exprimée en kilogrammes par mètre cube — kg/m^3 (grammes par centimètre cube — g/cm^3) et le résultat est arrondi comme précisé en 8.4.

8.2 Calculer la masse volumique à l'état anhydre m_{Vo} de chaque éprouvette à l'aide de la formule suivante :

$$m_{Vo} = \frac{m_o}{V_o}$$

où :

m_o est la masse, en kilogrammes (grammes) de l'éprouvette anhydre,

V_o est le volume, en mètres cubes (centimètres cubes) de l'éprouvette anhydre.

La masse volumique m_{Vo} est exprimée en kilogrammes par mètre cube — kg/m^3 (grammes par centimètre cube — g/cm^3) et le résultat est arrondi comme précisé en 8.4.

8.3 Calculer la masse volumique basale m_{VB} de chaque éprouvette à l'aide de la formule suivante :

$$m_{VB} = \frac{m_o}{V_s}$$

où :

m_o est la masse, en kilogrammes (grammes) de l'éprouvette à l'état anhydre,

V_s est le volume en mètres cubes (centimètres cubes), de l'éprouvette au point de saturation.

La masse volumique m_{VB} est exprimée en kilogrammes par mètre cube — kg/m^3 (grammes par centimètre cube — g/cm^3) et le résultat est arrondi comme précisé en 8.4.

8.4 Arrondir les masses volumiques à 5 kg/m^3 (0,005 g/cm^3)

Remarque : Il est possible d'exprimer les résultats à 1 kg/m^3 (0,001 g/cm^3) près, à condition que la masse et la poussée d'Archimède servant à mesurer le volume soient déterminées à 0,001 g près.

8.5 La masse volumique du lot d'éprouvettes est égale à la moyenne arithmétique des résultats obtenus sur chaque éprouvette, arrondis comme indiqué en 8.4.

9 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus. Il doit, en outre mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la norme ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le procès-verbal doit mentionner notamment :

— la référence à la présente norme,

— l'essence du bois, la provenance si possible,

— le mode d'échantillonnage,

— le résultat des essais et leurs caractéristiques statistiques,

— la valeur du coefficient de retrait volumique utilisé.

norme française

NF B 51-006
Septembre 1985

Bois

Détermination du retrait

E : Wood — Determination of shrinkage
D : Holz — Bestimmung der Schwindung

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 20 août 1985 pour prendre effet le 20 septembre 1985.

Remplace la norme homologuée de même indice de février 1942.

correspondance

La présente norme comporte un certain nombre de divergences par rapport aux normes internationales ISO 4469 et 4858, approuvées à l'époque, par la France

analyse

Dans la série traitant des méthodes d'essais générales des bois sur éprouvettes de petites dimensions sans défaut, la présente norme fixe les méthodes permettant de déterminer les variations de volume d'une éprouvette de bois caractérisées par le retrait volumique total, le retrait total dans le sens radial et dans le sens tangentiel du bois.

descripteurs

Thesaurus International Technique : bois, mesurage, retrait, stabilité dimensionnelle, volume.

modifications

Par rapport à la norme homologuée de même indice de février 1942 : norme complétée et précisions apportées.

corrections

éditée et diffusée par l'[illegible] française de normalisation [illegible] Europe cedex 7 92080 [illegible] — tél. : (1) 778.13.2[illegible]

afnor 85364

© afnor 1985

1er tirage 85-03

Bois

NF B 51-006

Septembre 1985

Détermination du retrait

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme a pour objet de fixer les méthodes à utiliser pour déterminer :

— le retrait volumique total

— le retrait total dans le sens radial et dans le sens tangentiel du bois

2 RÉFÉRENCE

NF B 51-003 Bois — Conditions générales d'essais — Essais physiques et mécaniques

3 PRÉCISION DE MESURAGE

Les incertitudes de mesurage acceptables sont les suivantes :

— masse ..... ± 0,01 g

— largeur ..... ± 0,01 mm

— volume ..... ± 0,003 cm^3

— température ..... ± 0,05 °C

4 RETRAIT VOLUMIQUE TOTAL

4.1 Principe

Détermination des variations de volume d'une éprouvette ayant une humidité égale ou supérieure au point de saturation des parois cellulaires (1) et ramenée à l'état anhydre.

4.2 Appareillage

4.2.1 Balance précise à 0,01 g

4.2.2 Voluménomètre à mercure permettant de déterminer le volume à 0,003 cm^3 près

4.2.3 Étuve ventilée permettant de maintenir la température à 103 °C ± 2 °C.

4.2.4 Dessiccateur contenant une matière absorbante (chlorure de calcium, anhydride phosphorique) assurant la dessiccation de l'air.

4.3 Éprouvette

Les éprouvettes sont constituées par des cubes de 20 mm de côté (20 mm ± 0,5 mm pour H = 12 % ± 1 %).

Le mode de prélèvement, la préparation et le conditionnement des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003.

(1) *Dans le texte, sauf [illegible]*

4.4 Mode opératoire

4.4.1 Au départ, l'humidité des éprouvettes doit dépasser le point de saturation. Si les éprouvettes sont à une humidité inférieure au point de saturation, les plonger dans de l'eau distillée maintenue à la température ambiante (20 °C ± 5 °C). Il est possible d'accélérer l'imprégnation par l'eau en les soumettant à un vide. La saturation est considérée comme atteinte lorsque l'augmentation de volume constatée entre 2 mesures successives effectuées à 4 h d'intervalle est inférieure à 0,01 cm^3.

Déterminer alors le volume Vs de chaque éprouvette par poussée d'Archimède.

4.4.2 Procéder au séchage des éprouvettes tout d'abord à l'air puis à leur dessiccation, jusqu'à masse constante dans l'étuve (4.2.3), en augmentant lentement la température jusqu'à 103 °C ± 2 °C. La masse est considérée comme constante lorsque la perte de masse constatée entre 2 pesées successives effectuées à 4 h d'intervalle est inférieure ou égale à 0,5 % de la masse de l'éprouvette.

Peser alors les éprouvettes après refroidissement dans le dessiccateur (4.2.4).

Soit m_o leur masse.

Déterminer leur volume V_o à 0,03 cm^3 près, au moyen du voluménomètre à mercure (4.2.2).

Après la mesure du volume, procéder à un étalonnage au zéro du voluménomètre de manière à tenir compte du mercure absorbé par l'éprouvette.

4.5 Expression des résultats

4.5.1 Calculer le retrait volumique total R_V de chaque éprouvette à l'aide de la formule suivante :

$$R_V = \frac{V_s - V_o}{V_s} \times 100$$

où :

V_s est le volume, en centimètres cubes, de l'éprouvette saturée

V_o est le volume, en centimètres cubes, de l'éprouvette anhydre.

Le retrait volumique total est exprimé en pourcentage à 0,1 % près.

4.5.2 Calculer le coefficient de retrait volumique r_v de chaque éprouvette à l'aide de la formule suivante :

$$r_v = \frac{V_s - V_o}{V_s \times H_s} \times 100$$

où :

V_s est le volume, en centimètres cubes, de l'éprouvette saturée,

V_o est le volume, en centimètres cubes, de l'éprouvette à anhydre,

H_s est l'humidité, en pourcentage, correspondant au point de saturation.

L'humidité correspondant au point de saturation peut être obtenue en traçant la courbe de retrait par rapport à l'humidité. À défaut, adopter pour H_s la valeur moyenne de 30 %.

Le coefficient de retrait volumique est exprimé en pourcentage pour 1 % d'humidité à 0,01 % près.

4.5.3 Le retrait volumique total et le coefficient de retrait volumique d'un lot d'éprouvettes sont égaux à la moyenne arithmétique des résultats obtenus sur chaque éprouvette, exprimée comme indiqué précédemment.

5 RETRAIT TOTAL DANS LE SENS RADIAL ET RETRAIT TOTAL DANS LE SENS TANGENTIEL

5.1 Principe

Détermination des variations de longueur dans le sens radial et dans le sens tangentiel d'une éprouvette ayant une humidité égale ou supérieure au point de saturation et ramenée à l'état anhydre.

5.2 Appareillage

5.2.1 Balance précise à 0,01 g

5.2.2 Instrument de mesurage permettant de déterminer la largeur de l'éprouvette à 0,01 mm près. La surface des touches et la pression exercée ne doivent pas entraîner une déformation supérieure à la précision de l'instrument.

5.2.3 Étuve ventilée permettant de maintenir la température à 103 °C ± 2 °C.

5.2.4 Dessiccateur contenant une matière absorbante (chlorure de calcium, anhydride phosphorique) assurant la dessiccation de l'air.

5.3 Éprouvettes

Les éprouvettes sont constituées par des plaquettes carrées de 50 mm ± 0,5 mm de côté et de 10 mm ± 0,5 mm d'épaisseur. Les côtés de la plaquette sont sensiblement parallèles aux directions radiale et tangentielle. L'épaisseur est parallèle au fil du bois. Des éprouvettes de 40 mm de côté, au moins, peuvent être utilisées lorsque les dimensions des planches ne permettent pas le débit des plaquettes au format préconisé.

Le mode de prélèvement, la préparation et le conditionnement des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003.

5.4 Mode opératoire

5.4.1 Au départ, l'humidité des éprouvettes doit dépasser le point de saturation des parois cellulaires. Si les éprouvettes sont à une humidité inférieure au point de saturation, les plonger dans de l'eau distillée maintenue à la température ambiante (20 °C ± 5 °C). Il est possible d'accélérer l'imprégnation par l'eau en les soumettant à un vide. La saturation des parois cellulaires est considérée atteinte lorsque l'augmentation des dimensions constatées entre 2 mesures successives effectuées à 4 h d'intervalle est inférieure à l'imprécision due à l'appareil de mesure. Déterminer alors les dimensions de chaque éprouvette dans le sens radial L_{Rs} et dans le sens tangentiel L_{Ts} à 0,01 mm près.

5.4.2 Procéder au séchage des éprouvettes tout d'abord à l'air, puis à leur dessiccation jusqu'à masse constante dans l'étuve (5.2.3), en augmentant lentement la température jusqu'à 103 °C ± 2 °C. La masse est considérée comme constante lorsque la perte de masse constatée entre 2 pesées successives effectuées à 24 h d'intervalle est inférieure ou égale à 0,5 % de la masse de l'éprouvette.

Peser alors les éprouvettes après refroidissement dans le dessiccateur (5.2.4). Déterminer leurs dimensions L_{Ro} et L_{To} au moyen de l'instrument de mesurage (5.2.2).

5.5 Expression des résultats

5.5.1 Calculer le retrait radial total R_R et le retrait tangentiel total R_T de chaque éprouvette à l'aide des formules suivantes :

$$R_R = \frac{L_{Rs} - L_{Ro}}{L_{Rs}} \times 100 \qquad R_T = \frac{L_{Ts} - L_{To}}{L_{Ts}} \times 100$$

où :

L_{Rs} et L_{Ts} sont les dimensions, en millimètres, de l'éprouvette à l'état saturé respectivement dans le sens radial t dans le sens tangentiel,

L_{Ro} et L_{To} sont les dimensions, en millimètres, de l'éprouvette à l'état anhydre respectivement dans le sens radial et dans le sens tangentiel

Les résultats sont exprimés en pourcentage à 0,1 % près.

5.5.2 Calculer le coefficient du retrait radial r_r et le coefficient du retrait tangentiel r_t de chaque éprouvette à l'aide des formules suivantes :

$$r_r = \frac{L_{Rs} - L_{Ro}}{L_{Rs} \times H_s} \times 100 \qquad r_t = \frac{L_{Ts} - L_{To}}{L_{Ts} \times H_s} \times 100$$

où :

L_{Rs} et L_{Ts} sont les dimensions, en millimètres, de l'éprouvette à l'état saturé respectivement dans le sens radial et dans le sens tangentiel,

L_{Ro} et L_{To} sont les dimensions, en millimètres, de l'éprouvette à l'état anhydre respectivement dans le sens radial et dans le sens tangentiel,

H_s est l'humidité, en pourcentage, correspondant au point de saturation.

L'humidité correspondant au point de saturation peut être obtenue en traçant la courbe de retrait par rapport à l'humidité. À défaut, adopter pour H_s la valeur moyenne de 30 %.

Les coefficients de retrait sont exprimés, pour 1 % d'humidité à 0,01 % près.

5.5.3 Le retrait radial total, le retrait tangentiel total, le coefficient du retrait radial et le coefficient du retrait tangentiel d'un lot d'éprouvettes sont égaux aux moyennes arithmétiques des résultats obtenus sur chaque éprouvette exprimés comme indiqué précédemment.

6 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus. Il doit, en outre mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la norme ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le procès-verbal doit mentionner notamment :

— la référence à la présente norme,

— l'essence du bois, la provenance si possible,

— le mode d'échantillonnage,

— les résultats des essais et leurs caractéristiques statistiques.

ANNEXE

Cette annexe fait partie intégrante de la norme

CARACTÉRISTIQUES DE GONFLEMENT

Dans certains cas, au lieu de calculer les valeurs des différents retraits ou coefficients de retrait en rapportant les mesures à la dimension de l'éprouvette à l'état saturé, on peut rechercher les caractéristiques de gonflement qui sont obtenues en rapportant les mêmes dimensions à celles de l'éprouvette à l'état anhydre.

A.1 Le gonflement volumique total G_V est directement calculable à partir du retrait volumique total R_V à l'aide de la formule suivante :

$$G_V = \frac{R_V}{100 - R_V} \times 100$$

A.2 Pour le gonflement total dans le sens radial G_R et dans le sens tangentiel total G_T, cette formule devient respectivement :

$$G_R = \frac{R_R}{100 - R_R} \times 100$$

$$G_T = \frac{R_T}{100 - R_T} \times 100$$

où :

R_R et R_T sont respectivement le retrait total dans le sens radial et le retrait total dans le sens tangentiel.

A.3 Le coefficient de gonflement volumique g_v est donné à partir du coefficient de retrait volumique r_v par la formule suivante :

$$g_v = \frac{100\, r_v}{100 - r_v \cdot H_s}$$

A.4 Pour les coefficients de gonflement radial g_r et tangentiel g_t, cette formule devient respectivement :

$$g_r = \frac{100\, r_r}{100 - r_r \cdot H_s}$$

$$g_t = \frac{100\, r_t}{100 - r_t \cdot H_s}$$

où :

r_r et r_t sont les coefficients de retrait radial et tangentiel

H_s est l'humidité en pourcentage correspondant au point de saturation.

ISSN 0335-3931

norme française

NF B 51-007
Septembre 1985

Bois
Essai de compression axiale

E : Wood — Axial compression test
D : Holz — Druckprüfung parallel

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 20 août 1985 pour prendre effet le 20 septembre 1985.

Remplace la norme homologuée de même indice de février 1942.

correspondance

La présente norme est conforme à la norme internationale ISO 3787, approuvée, à l'époque, par la France.

analyse

Dans la série traitant des méthodes d'essais générales des bois sur éprouvettes de petites dimensions sans défaut, la présente norme fixe la méthode permettant de déterminer, sous un effort progressivement croissant, une contrainte de rupture en compression exercée parallèlement au fil du bois.

descripteurs

Thesaurus International Technique : bois, essai de compression, mesurage, contrainte à la rupture.

modifications

Par rapport à la norme homologuée de même indice de février 1942 : précisions apportées, humidité ramenée à 12 %.

corrections

édité par l'association française de normalisation (afnor), tour europe 92080 paris la défense [illegible] 3.26

afnor 85355
© afnor 1985
1er tirage 85-08

Bois

NF B 51-007

Septembre 1985

Essai de compression axiale

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme a pour objet de fixer la méthode à utiliser pour déterminer la contrainte de rupture en compression parallèle au fil du bois.

2 RÉFÉRENCES

NF B 51-003 Bois — Conditions générales d'essais — Essais physiques et mécaniques.

NF B 51-004 Bois — Détermination de l'humidité

3 PRINCIPE

Détermination de la contrainte de rupture sous un effort de compression, progressivement croissant, exercé parallèlement au fil d'éprouvettes de bois sans défaut.

4 APPAREILLAGE

4.1 Machine d'essai assurant une vitesse constante soit d'augmentation de l'effort, soit de déplacement de la tête mobile et permettant de mesurer l'effort exercé avec une précision de ± 1 %.

4.2 Dispositif d'application d'un effort uniaxial composé de 2 plateaux dont l'un est muni d'une rotule.

4.3 Instrument de mesurage permettant de déterminer les dimensions de la section transversale de l'éprouvette avec une précision de ± 0,05 mm.

4.4 Appareillage pour la détermination de l'humidité, conformément à la norme NF B 51-004.

5 PRÉCISION DE MESURAGE

Les incertitudes de mesurage acceptables sont les suivantes :

— dimensions ± 0,05 mm
— effort ± 1 %.

6 ÉPROUVETTES

Les éprouvettes doivent avoir la forme d'un prisme droit à section carrée de 20 mm de côté et une longueur parallèle au fil du bois de 60 mm.

Le mode de prélèvement, la préparation et le conditionnement des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003.

7 MODE OPÉRATOIRE

7.1 Mesurer, à mi-longueur de l'éprouvette, les dimensions de la section transversale avec la précision indiquée en 5.

7.2 Placer l'éprouvette au centre du dispositif d'application de la charge (4.2) et exercer l'effort de façon continue à vitesse constante jusqu'à rupture de l'éprouvette. La durée de l'essai doit être de 1,5 à 2 min.

Déterminer la charge maximale P avec la précision indiquée en 5.

7.3 L'essai terminé, déterminer l'humidité des éprouvettes selon NF B 51-004.

8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

8.1 Calculer la contrainte de rupture en compression axiale C_H de chaque éprouvette à l'humidité H au moment de l'essai en mégapascals à l'aide de la formule suivante :

$$C_H = \frac{P}{ab}$$

où :

P est la charge maximale en newtons,

a et b sont les dimensions, en millimètres, de la section transversale de l'éprouvette.

Indiquer le résultat à 0,5 MPa près.

8.2 Calculer la contrainte de rupture en compression axiale à 12 % d'humidité C_{12} à l'aide de la formule suivante :

$$C_{12} = C_H \left[1 + c\,(H - 12)\right]$$

où :

c est le coefficient de tenue à l'humidité en compression axiale.

Indiquer le résultat à 0,5 MPa près.

Le coefficient c est déterminé sur un lot d'éprouvettes entre 18 % et 7 % d'humidité. À défaut, adopter pour c, la valeur de 0,04.

8.3 La contrainte de rupture en compression axiale d'un lot d'éprouvettes est égale à la moyenne arithmétique arrondie à 0,05 MPa près, des résultats obtenus sur chaque éprouvette.

9 PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Le procès-verbal d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus. Il doit, en outre mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la norme ou facultatifs, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le procès-verbal doit mentionner notamment :

- la référence à la présente norme,
- l'essence du bois, la provenance si possible,
- le mode d'échantillonnage,
- les résultats des essais et leurs caractéristiques statistiques,
- la valeur de l'humidité,
- la valeur du coefficient c de tenue à l'humidité pris en compte par la détermination des résistances à 12 % d'humidité.

ISSN 0335-3931

norme française

NF B 51-016
Décembre 1987

Bois

Flexion statique

Détermination du module d'élasticité en flexion statique de petites éprouvettes sans défaut

E : Wood — Static bending — Determination of modulus of elasticity in static bending using small clear specimens
D : Holz — Statische Biegung — Bestimmung des statischen Biege — Elastizitäts moduls bei kleinen Proben ohne Fehler

Norme française homologuée par décision du Directeur Général de l'afnor le 20 novembre 1987 pour prendre effet le 20 décembre 1987.

Remplace, avec la norme expérimentale B 51-008, la norme homologuée NF B 51-008 de février 1942.

correspondance

La présente norme comporte un certain nombre de divergences par rapport à la norme ISO 3349—1975, approuvée, à l'époque, par la France.

analyse

Dans la série traitant des méthodes d'essais générales des bois sur éprouvettes de petites dimensions sans défaut, la présente norme fixe la méthode permettant de déterminer le module d'élasticité en flexion statique, dans la direction parallèle au fil d'éprouvettes de bois de petites dimensions, de droit fil, sans nœud, ni défaut.

descripteurs

Thésaurus International Technique : bois, éprouvette d'essai, essai de flexion, mesurage, module d'élasticité.

modifications

Par rapport à la norme NF B 51-008 de 1942, norme complétée et précisions apportées.

corrections

éditée et diffusée par l'association française de normalisation (afnor) tour europe cedex 7 92080 paris la défense - tél. : (1) 42.91.55.55

afnor 1987 © afnor 1987 1er tirage 87-12

Bois

NF B 51-016

Flexion statique

Décembre 1987

Détermination du module d'élasticité en flexion statique de petites éprouvettes sans défaut

SOMMAIRE

		Page
1	OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	2
2	RÉFÉRENCES	2
3	PRINCIPE	2
4	APPAREILLAGE	3
4.1	Machine d'essai	3
4.2	Dispositif	3
4.3	Appareil pour mesurer la flèche de l'éprouvette	3
4.4	Instrument de mesurage	3
4.5	Appareillage pour la détermination de l'humidité	3
5	PRÉCISION DE MESURAGE	3
6	ÉPROUVETTES	3
7	MODE OPÉRATOIRE	3
8	EXPRESSION DES RÉSULTATS	5
9	RAPPORT D'ESSAI	5

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme a pour objet de fixer la méthode à utiliser pour déterminer le module d'élasticité en flexion statique, dans la direction parallèle au fil, d'éprouvettes de bois de petites dimensions, de droit fil, sans nœud ni défaut (1).

2 RÉFÉRENCES

NF B 50-002 Bois — Vocabulaire.

NF B 51-003 Bois — Conditions générales d'essais — Essais physiques et mécaniques.

NF B 51-004 Bois — Détermination de l'humidité.

3 PRINCIPE

Détermination du module d'élasticité dans la zone de flexion pure en déformation élastique, d'une éprouvette soumise à une charge progressivement croissante exercée perpendiculairement au fil du bois.

(1) *Le module d'élasticité en flexion des pièces de bois utilisées en structure ne peut être évalué sur la seule base des résultats de cet essai.*

4 APPAREILLAGE

4.1 Machine d'essai assurant une vitesse constante soit de l'augmentation de la charge, soit du déplacement de la tête mobile et permettant de mesurer la charge exercée avec une précision de 1% au moins.

4.2 Dispositif assurant la flexion de l'éprouvette par application de la charge ; il est composé :

— d'un banc de flexion constitué de deux appuis cylindriques horizontaux libres en rotation, d'un diamètre de 60 mm et distants entre axes d'une valeur l,

— d'une traverse avec rotule en son centre et comportant deux têtes cylindriques horizontales de même diamètre que les appuis et distantes entre axes d'une valeur a ; l'une de ces têtes cylindriques est libre en rotation. Elle répartit symétriquement la charge totale de flexion en deux charges égales, à équidistance des appuis du banc de flexion.

4.3 Appareil pour mesurer la flèche de l'éprouvette dans la zone centrale soumise à la flexion pure, composé des éléments suivants :

a) un support reposant, par l'intermédiaire de deux appuis cylindriques de 10 mm de diamètre espacés entre axes de 120 mm, sur la face supérieure ou inférieure de l'éprouvette, symétriquement par rapport aux têtes de chargement et aux appuis,

b) un instrument de mesurage des déplacements verticaux du point central de la face supérieure ou inférieure de l'éprouvette, par rapport au support précédent sur lequel il est fixé. Sa précision est de 0,001 mm.

4.4 Instrument de mesurage permettant la détermination des dimensions de la section transversale de l'éprouvette avec une précision de 0,05 mm au moins.

4.5 Appareillage pour la détermination de l'humidité, conformément à la norme NF B 51-004.

5 PRÉCISION DE MESURAGE

Les incertitudes de mesurage acceptables sont les suivantes :

— dimensions ± 0,05 mm
— flèche ± 0,002 mm
— charge ± 1 %

6 ÉPROUVETTES

Les éprouvettes doivent avoir la forme d'un prisme droit à section carrée de (20 ± 0,2) mm de côté et une longueur parallèle au fil du bois de (360 ± 4) mm.

Le mode de prélèvement, la préparation et le conditionnement des éprouvettes sont spécifiés dans la norme NF B 51-003.

7 MODE OPÉRATOIRE

7.1 Mesurer, à mi-longueur de l'éprouvette, les dimensions de la section transversale et la longueur avec la précision indiquée au chapitre 5 et peser l'éprouvette immédiatement avant l'essai.

7.2 Placer l'éprouvette en appui sur le banc de flexion de façon que la charge soit appliquée parallèlement aux cernes, selon les indications de la figure, où a = 160 mm, l = 320 mm.

7.3 Placer le support muni de l'instrument de mesurage de la flèche sur la face supérieure ou inférieure de l'éprouvette, à égale distance des têtes de chargement et des appuis comme indiqué sur la figure.

7.4 Effectuer un essai préalable et vérifier que, dans l'intervalle de charges appliquées, la courbe «charge-flèche» est linéaire ; dans le cas contraire, modifier les charges minimale et maximale afin d'effectuer les mesurages dans la partie rectiligne de la courbe.

7.5 Placer les deux têtes cylindriques de chargement en contact avec la face supérieure ; charger jusqu'à P_1 = 600 N en (30 ± 10) s à vitesse constante d'application de la charge ou de déplacement relatif de la traverse rotulée par rapport au banc de flexion, puis décharger dans les mêmes conditions jusqu'à P_2 = 200 N ; répéter deux fois le même cycle de chargement et de déchargement.

Lorsque la charge est ramenée à 200 N, mesurer la flèche en moins de 10 s puis recharger sous 600 N dans les mêmes conditions que précédemment et répéter la même mesure de la flèche.

Mesurer la flèche maximale f_1 et minimale f_2 sous 3 cycles de chargement et de déchargement successifs.

Dans le cas où, au cours d'un essai, la limite de linéarité entre charge et flèche est dépassée, les mesures correspondantes doivent être éliminées de la détermination du module d'élasticité en flexion.

Dimensions en millimètres

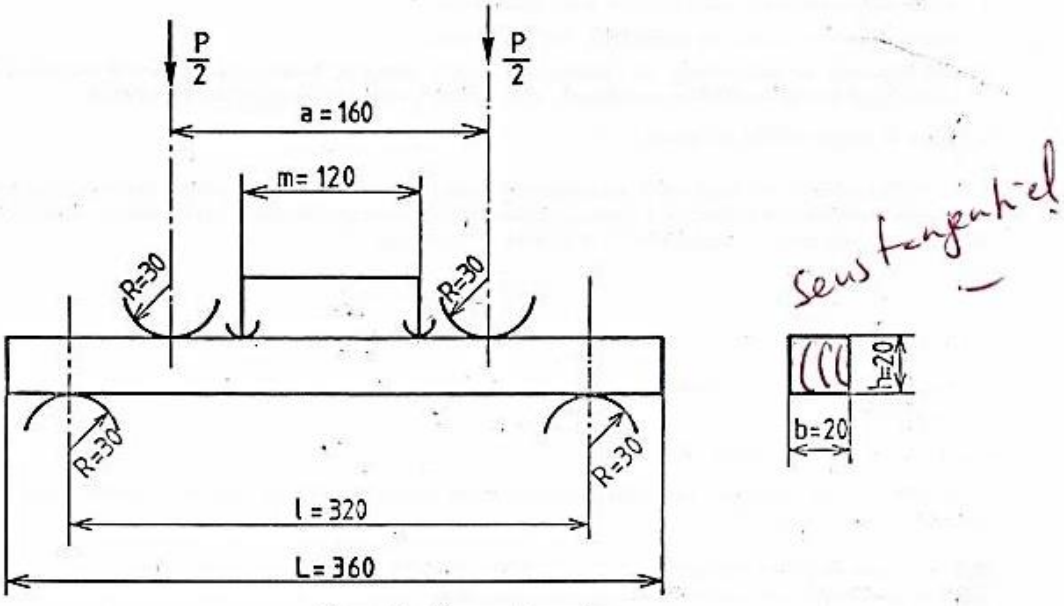


Figure 1 — Éprouvette posée

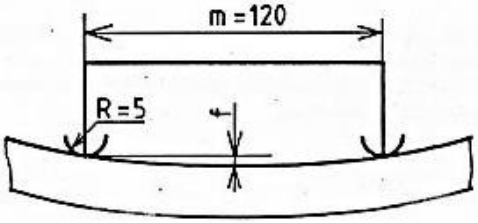


Figure 2 — Éprouvette fléchie (partie centrale)

7.6 A l'issue de l'essai, déterminer l'humidité de l'éprouvette selon la norme NF B 51-004

8 EXPRESSION DES RÉSULTATS

8.1 Calculer le module d'élasticité en flexion parallèlement aux fibres du bois E_{LH} de chaque éprouvette à l'humidité H au moment de l'essai à l'aide de la formule suivante où E_{LH} est exprimé en mégapascals (MPa).

$$E_{LH} = \frac{3\,P\,(l - a)\,m^2}{8\,bh^3f}$$

où :

P est la charge totale de flexion en newtons (N), égale à la moyenne des différences entre les charges maximale P_1 et minimale P_2 appliquées au cours des trois cycles,

l est la distance, en millimètres, entre les axes des appuis cylindriques,

a est la distance, en millimètres, entre les axes des têtes de chargement,

m est la distance, mesurée en millimètres, entre les axes des cylindres du support de l'instrument de mesurage de la flèche,

b est la largeur, mesurée en millimètres, de l'éprouvette,

h est la hauteur, mesurée en millimètres, de l'éprouvette,

f est la flèche, en millimètres, de l'éprouvette dans la zone de flexion pure égale à la moyenne des différences entre les flèches maximale f_1 et minimale f_2 relevées au cours des trois cycles.

Exprimer le résultat à 100 MPa près.

8.2 Si l'humidité H de l'éprouvette, au moment de l'essai diffère de 12 %, tout en restant dans les limites de valeurs comprises entre 10 % et 14 %, il est possible de ramener le module d'élasticité en flexion parallèlement aux fibres du bois E_{LH} à l'humidité de 12 % à l'aide de la formule :

$$E_{12} = E_{LH}\left[1 + c_L\,(H - 12)\right]$$

où :

c_L est le coefficient de correction du module d'élasticité en flexion en fonction de l'humidité pour l'essence considérée.

Indiquer le résultat à 100 MPa près.

Le coefficient c_L est déterminé sur un lot d'éprouvettes de même bois, ou sur la même éprouvette, essayées à des humidités allant de 7 % à 18 %.

8.3 Le module d'élasticité en flexion d'un lot d'éprouvettes est égal à la moyenne arithmétique, arrondie à 20 Mpa près, des résultats obtenus sur chaque éprouvette.

9 RAPPORT D'ESSAI

Le rapport d'essai doit indiquer la méthode utilisée et les résultats obtenus. Il doit, en outre, mentionner tous les détails opératoires non prévus dans la norme ou facultatifs, notamment, si la vitesse de sollicitation est la vitesse d'accroissement de la charge ou la vitesse de déplacement de la traverse, ainsi que les incidents éventuels susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

Le rapport doit mentionner notamment :

- la référence à la présente norme,
- l'essence du bois, la provenance si possible,
- le nombre de cernes et la proportion de bois final dans la section de chaque éprouvette selon NF B 50-002,
- la masse volumique déterminée en rapportant la masse de l'éprouvette au produit de sa section $b \times h$ par sa longueur L,
- le mode d'échantillonnage,
- les résultats des essais et leurs caractéristiques statistiques,
- la valeur de l'humidité,
- la valeur du coefficient c_L de correction de l'humidité pris en compte pour la détermination des modules à 12 % d'humidité.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر و المراجع:

قائمة المصادر و المراجع باللغة العربية:

1. إبراهيم عبد القادر حسن- وسائل وأساليب ترميم وصيانة الآثار ومقتنيات المتحف الفنية، جامعة الرياض - الرياض ، 1979 .
2. إبراهيم محمد عبد الله - ترميم الأثار الخشبية عناصر معمارية ، فنية ، زخرفية - ط1 ، مصر ، 2012 .
3. ابراهيم محمد عبد الله - ترميم تحف الفخار والزجاج والقاشاني - ط 1 ، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الاسكندرية ، 2012 .
4. إبراهيم محمد عبد الله - علاج وصيانة التحف الخشبية عناصر معمارية - فنية - زخرفية ، ط1 ، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر والتوزيع ، الإسكندرية ، 2012
5. إبراهيم محمد عبد الله - علاج وصيانة المباني - ط 1 ، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الإسكندرية ، 2011 .
6. أحمد مصطفى - تشكيل الخشب - دار الفكر العربي ، لبنان ، 1990
7. أحمد مصطفى - خامات الديكور - دار الفكر العربي ، 1981 .
8. باشا سعد حسن صالح - الجيولوجيا العامة والبيئة - ط 2 ، دار زهران للنشر والتوزيع ، الأردن ، 1996.
9. باكر أندريه - المغرب والحرف التقليدية الاسلامية في العمارة - ترجمة سامي جرجس ، المجلد 1 ، إيطاليا ، 1974 .
10. حليمي عبد القادر - مدينة الجزائر نشأتها وتطورها قبل 1830 - ط 1 ، الجزائر ، 1972.
11. خلاصي علي - قصبة مدينة الجزائر - ج 1 ، ط 1 ، دار الحضارة ، الجزائر ، 2007 .
12. دني بيبونيه - الأخشاب المتعددة الألوان وترميمها - ترجمة : يسرى الكجك ، المعهد العلمي الفرنسي للدراسات العربية ، دمشق ، 1989 .
13. رمضان ناصر - محاضرات في الخشب - د م ، د ت .

14. ريتشارد إتنغهاوزن ، أوليغ غرابار ، مارلين جنكينس مدينة – الفن الاسلامي والعمارة (650-1250) – ترجمة :عبد الودود بن عابد العمراني ، دار الكتب الوطنية ، أبوظبي ، 2012 .

15. سامي محمد نوار - الكامل في مصطلحات العمارة الاسلامية من بطون المعجم اللغوية - دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الإسكندرية ، 1986.

16. سطاس محمد راتب ، سعود أنور أوس - مواد البناء واختبارها - ديوان المطبوعات الجامعية ، الجزائر ، 1992.

17. السفانا للمعلومات - حقائق عن النحاس - سلطنة عمان ، دت.

18. السيد عزت قنديل – أساسيات تصنيف الأشجار وتعريف الأخشاب – منشأة المعارف الإسكندرية ، 1991

19. شادية الدسوقي عبد العزيز- الأخشاب في العمائر الدينية العثمانية - ط 1 ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة ، 2003 .

20. صفي الدين محمد - جيومورفولوجية قشرة الأرض - دار النهضة العربية ، بيروت ، 1971 .

21. طارق اسماعيل كاخيا ، رانيا عبد الظاهر نوايا - عنصر الحديد ، وجوده ، مركباته واستخداماته - جامعة البعث ، كلية العلوم الجمعية الكيميائية السورية.

22. عبد الحميد حسام الدين - المنهج العلمي لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمخطوطات الأثرية - الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، 1984.

23. عبد الله محمد علي - الزخرفة الجبسية في الخليج - ط 1 ، مركز التراث الشعبي ، 1985 .

24. عبد المالك بنعبيد - البيئة الطبيعية والنبات بالمغرب – تقييم وبيوجغرافيا ووظائف وقيم واستخدامات - مؤسسة الملك عبد العزيز آل سعود للدراسات الاسلامية والعلوم الانسانية ، الدار البيضاء ، 2012 .

25. عبد المعز شاهين –ترميم وصيانة المباني الأثرية والتاريخية – مطابع المجلس الأعلى للأثار ، مصر ، 1994 .

26. عطا الله ميشيل كامل - أساسيات الجيولوجيا ، ط 1 - درا المسيرة ، عمان ، 2000 .
27. عقاب محمد الطيب - قصور مدينة الجزائر في العهد العثماني - جامعة الجزائر ، معهد الآثار ، 1984 – 1985 .
28. عقاب محمد الطيب - قصور مدينة الجزائر في أواخر العهد العثماني - دار الحكمة ، الجزائر ، 2000 .
29. علي حملاوي - نماذج من قصور منطقة الأغواط - دراسة تاريخية أثرية ، وزارة الثقافة والاتصال ، 2006 .
30. فريد الشافعي - العمارة العربية في مصر الإسلامية - الهيئة المصرية العامة ، مصر 1980.
31. قبيلة فارس المالكي - تاريخ العمارة عبر العصور - دار المناهج للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2011.
32. كرونين ، روبينسون – أساسيات ترميم الآثار – جامعة الملك سعود للمطابع والنشر ، السعودية ، 2006 .
33. لعروق محمد الهادي - أطلس الجزائر و العالم - دار الهدى ، عين مليلة ، دت .
34. ماجدة التويجري ، حصة المسعودي – مورفولوجيا تشريح النبات - جامعة أم القرى ،قسم الأحياء ، المملكة العربية السعودية ، 1438 – 1439 .
35. ماري بيردوكو - الحفظ في علم الأثار الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية - ترجمة محمد أحمد الشاعر ، المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية ، القاهرة ، 2002.
36. مجهول - محاضرات عن الأخشاب - دت ، دم .
37. محمد حسين صالح - هندسة المباني والانشاءات - الجزء الأول مواد البناء ، ط 2 ، دار الكتب المصرية ، القاهرة ، 1930
38. محمد راشد حماد - نجارة الأثاث في مصر القديمة - سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب ، وزارة الثقافة والمجلس الأعلى للأثار ، مصر ، 2005

39. محمد عبد الهادي محمد - مبادئ ترميم وصيانة الآثار غير العضوية - مكتبة نهضة الشرق ، القاهرة ، 1996.

40. محمود حسن إبراهيم - الأخشاب والخواص التشريحية والكيميائية – جامعة الإسكندرية ، 2000.

41. مصطفى بن حموش و بدر الدين بلقاضي - خطط مدينة الجزائر من خلال مخطوط ديفولكس و الأرشيف العثماني- أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة، 2004.

42. المعهد الوطني للخرائط الطبوغرافية والاستشعار عن بعد .

43. نادية لقمة - علاج وترميم مجموعة التماثيل الخشبية التي عثر عليها بمصطبة "كاعبر" – دراسات في علاج وصيانة الأخشاب الجافة - سلسلة الثقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب ، المجلس الأعلى للآثار ، مصر ، دت .

44. هاشم عبود الموسوي - العمارة وحلقات تطورها عبر التاريخ القديم - ط 1 ، دار دجلة ، عمان ، 2011 .

45. وارنر هيرت - أشغال النجارة العامة الأسس التكنولوجية - ترجمة : عبد المنعم عاكف ، دار الأهرام ، دار النشر الشعبية للتأليف ، لاينبرغ ، جمهورية ألمانيا الديموقراطية ، 1970.

46. واكد خليل إبراهيم ، واكد خليل إبراهيم- أسباب انهيار المباني ، طرق الصيانة والترميم - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، مصر ، 1996.

47. وائل عبد الجليل مقبل البنا ، سحر محمد أنس الأرياني - الحفاظ والترميم للتراث المعماري –أساليب وتقنيات الترميم والحفاظ على التراث المعماري - ط 1 ، 2013 .

48. الوتيد هند - أشغال المعادن - محاضرات ، الأردن ، دت .

49. وولفغانغ روسك - عالم فن البناء بالخشب التحديات - المميزات - الحلول - ط 1 ، الصندوق الألماني للنهوض بالأخشاب ، 2007 .

قائمة المصادر و المراجع باللغة الاجنبية :

1. Adam J P - La construction romaine, matériaux et techniques- 2éme édition, G. M. Picard , Paris ,1989.

2. Adnan Uzunovic and others - Wood Discolorations & Their Prevention With an Emphasis on Bluestain- SP , Canada , 2008 .

3. AFNOR - Préservation du bois - Recueil de normes françaises , 2e édition , 1989.

4. AFNOR-Bois et liège , Recueil de normes françaises, 1985.

5. Atlas pratique de la restauration de la maison , Edition Glénat , France , 2002

6. Barette J. P , Hazard C , Mayer J - Mémotech , Bois et matériaux associes - Edition delagrave , Paris , 2013 .

7. Béatrice George , Ed Suttie , André Merlin Xavier Deglise - Photo-degradation and photo-stabilisation of wood (state of art)- COSTE 18 Finale seminar , 26-27/04/2004.

8. Bermpohl R , Winkelmann H , chevalley G – technologie du bois - Ed Spes SA , Lausanne , 1969.

9. C. Christian- Les champignons du bois- Conseil canadien du bois, Lomer printers LTD, Canada, 2002

10. C. Jacquiot- Ecologie des champignons forestières- Gouthier – Villars, Paris, 1978.

11. C. Jacquiot- Etudes anatomique des lésions caractéristiques de la maladie de bois- Masson édit, 1951.

12. C. Jacquiot- Observation sur les relations entre la flore de champignons lignicoles et les traitements forestiers en foret- travaux des naturalistes de la vallée de Loing, FASC, Paris, 1955.

13. C.M. Moreau- Etude mycologique de la maladie de l'encre du chêne, Pathologie végétale et entomologie agricole de France- Edition Eyrolles, Paris, 1985.
14. Carle P- Les Insectes xylophages une menace permanente pour la foret et pour les bois d'œuvre- SD.
15. Centre de conservation du Québec - Bois et ses dérivés - 2011
16. Christiane Laine - Structures of hemicelluloses and pectins in wood and pulp - Oy Keskuslaboratorio , Finland , 2005 .
17. CTBA - Le traitement des bois dans la construction Termite , capricorne , lyctus , vrillette, syex , mérule - 2eme édition , Eyrolles , France , 2000.
18. Derbbal wassila, Zerizer Abdellatif , Gérard Jean – caractérisation physico-mécanique de trois espèces de bois Algériens en vue de la fabrication de carrelets 3-p pour des menuiseries intérieures - deuxièmes journées scientifiques du groupement de recherche Science du bois –champs sur Marne-19au21 novembre 2013.
19. D. Viala- Contribution a l'étude des modifications anatomiques et chimiques des bois attaqués par des champignons- Ecole N.A.T, Paris, 1963.
20. Doat P , Hays A - Construire en terre - France , 1979.
21. Eva Pascual I Miro- Restaurer le bois - 1ère édition , Edition Gründ , Paris , 2000.
22. Eva pascual - Entretenir et restaurer le bois - Gründ , Paris, 2006

23. FCBA Institut technologique - Insectes et champignons du bois- Paris , 2007 .

24. Fiche technique de bois de Thuya .

25. Forest products laboratory - Wood hand book Wood as an engineering material - United stats department of Agriculture , Forest service , Madison , Wiscon , 2010.

26. G. Canava - Biology in the conservation of Works of art- ICCROM, 1991.

27. Gérard K. -La fabrication du bâtiment, les gros œuvres - édition Eyrolles, Paris, 1997.

28. Ghomari Fouad - Science des matériaux de construction , bois - Université Abobekr Belkaid , SD.

29. Giorgio Torraca - Lectures on materials science for architectural conservation - The Getty Conservation Institute , USA , 2009.

30. Gollotti J - Le jardin et la maison arabes ou Maroc - Ed Albert levy , Librairie centrale des beaux arts , Paris , SD .

31. Golvin L - Palais et demeures d'Alger à La période ottomane - nov , 1988 .

32. Granström Mari -Cellulose derivatives synthesis , properties and applications - Academic dissertation , Helsinki , 2009 .

33. Guidoum A - Matériaux de Construction bois - SD .

34. H. Roques- Précis de cryptogamie- Librairie Maloine, Paris, 1952

35. H.G. Karl, H. Dieter, et al- Construire en bois- Choisir, Concevoir, Réaliser, Presse polytechniques et universitaires Romandes, s.d,

36. H.J. Planderleith- la conservation des antiquités et des œuvres d'arts - traduction Phillippot P , Eyrolles , Paris , 1966
37. Haedo F.D- Topographique et histoire générale d'Alger - R.arf, 1871 .
38. Hawley L.F , Louis E.Wise - The chemistry of wood - American chemical Society , The chemical catalog company .Inc , New york , 1926.
39. Hoadley Bruce R - Identifying wood accurate results with simple tools - The Tauntaon press , USA , 1990.
40. Hoadley Bruce R – Understanding wood a craftsman's guide to wood technology - USA , 2000.
41. ICOMOS - Principes à suivre pour la conservation des structures historique en bois 1999 - Mexique , 1999
42. Klein H - Le vieil Alger et sa banlieue- Archive du ministère de la guerre Tome III ,1912.
43. Klien Henri - Feuillets d'El-Djezaïr - Comité du vieil Alger , Tome I , Editions du Tell , Algérie , 2003.
44. Lebourgeois . F - Introduction à la Dendrochronologie - LERFOB - Ecologie Forestière - Déc. 2008
45. Lespèse .R - Alger Esquisse de géographie urbaine - Ancienne maison Bastide-Jourdan Jules Carbonel Imprimeur - Libraire – Editeur , Alger , 1925 .
46. Letellier Maxime , Fleurent Didier Valérie - Caractérisation chimique , physique et mécanique de pieux anciens - Université Lorraine , 2011 – 2012 .

47. Marçais G - L'architecture musulmane d'occident- Paris 1952.
48. Marei-France Roquebert - Les contaminants biologiques des biens culturels – France , 2002.
49. Masclet Pierre – Pollution atmosphérique : Causes , Conséquences , Solutions , Perspectives - Ellipses édition , Paris , 2005
50. Michel Noël , Aimé Bocquet - Les Hommes et le bois histoire et technologie du bois de la préhistoire à nos jour - Hachette , 1987
51. N.S. Bromelle - Deterioration and treatment of wood- in problems of conservation in museum, ICOM, Ed Eyrolles, Paris, 1969
52. Normand D - Manuel d'identification des bois commerciaux - T1 , 2ème ed , CIRAD , France , 1998
53. Olaf schmidt – wood and tree fungi biology , Damage , protection and Use - springer , Germany , 2006
54. Omar Akchiche - Recueil de manipulations de chimie du bois et de la cellulose - Office des publications Universitaire , Alger , 2009
55. ORGM - Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie Wilaya d'Alger - Edition du service géologique de l'Algérie , Boumerdès , 2000.
56. Picard.F - Faune de France 20 coléoptères Cerambycidea - Paris , 1929.
57. Pierre Latteur - Structures en bois parties 1 Le matériau bois - Septembre 2017.
58. Pradier Eric - Le matériau bois - S Ed , SD .

59. Revault J - L’habitation tunisoise , pierre marbre et fer dans la construction et le décor - Ed CNRS , Paris , 1978.

60. Ricard P - Pour comprendre l’art musulman en Afrique du Nord et en Espagne - Hachette , 1924.

61. Soustiel J - La céramique islamique guide du connaisseur - Vilo , Paris , 1985.

62. Tatjana Stevanovic , Dominique Perrin - Chimie du bois - Presses polytechniques et universitaires romandes , Italie , 2009

63. Terrasse - L’art Hispano – mauresques des origines au XIII ème siècle - Vandest , Paris , 1932 .

64. VENET .J - Identification et classement des bois français - Centre de Nancy , France , SD.

65. Ville M - Les gites minéraux et les matériaux de construction de l’Algérie - Paris , 1869 .

66. W.P.k. Findlay- Studies in the physiology of Wood – destroying fungi- Botanique institute, new series, 1940

67. Weissenfeld Peter , König Holger- Entretien écologique du bois- Traduction de Denis Griesmar , la plage édition , 2008 , France,

68. William T Simpson - Properties of wood related to drying – Sd.

69. TROPIX 7-©1998-2011 CIRAD fiche technique de pin maritime

70. TROPIX 7-©1998-2011 CIRAD fiche technique de Cèdre

قائمة الموسوعات و المعاجم بالغة العربية

1. حسن باشا - موسوعة العمارة والأثار والفنون الإسلامية - المجلد الثاني ، ط 1 ، أوراق شرقية للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت ، 1999.

2. سامي محمد نوار - الكامل في مصطلحات العمارة الاسلامية من بطون المعجم اللغوية- دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر ، الإسكندرية ، 1986.
3. عبد الرحيم غالب - موسوعة العمارة الإسلامية - ط 1 ، جروس برس ، بيروت ، 1988.
4. الغنيم عبد الله يوسف - الموسوعة الجيولوجية - ج 2 ، ط 1 - مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت .
5. محمد عاصم رزق - معجم مصطلحات العمارة والفنون الاسلامية - مكتبة مدبولي ، مصر ، 2000 .
6. موسوعة الدهانات ، دت .
7. هاشم عبود الموسوي - موسوعة الحضارات - الأردن ، 2013 .

قائمة الموسوعات و المعاجم باللغة الاجنبية

1. CHABAT PIERRE - Dictionnaire des termes employés dans la construction - 2ème édition , V^T A Morel et C^ik éditeur , Paris , 1881.
2. Fremy M - Encyclopédie chimique – Application de chimie organique Le bois - T X , V^Ve CH Dunod éditeur ,Paris , 1890.
3. Planat P - Encyclopédie de l'architecture et de la construction - Vol VI , Fasciculle 2 , Paris , SD.

قائمة المجلات و المقالات و المنشورات و التقارير باللغة العربية

1. أسامة عبد الحميد حسين ، حيدر جبار محمد :" المواد الخشبية تلف وصيانة" ، في مجلة الملوية للدراسات الأثرية والتاريخية ، المجلد 3 ، العدد 6 ، السنة الثالثة ، تشرين الأول 2012 ، ص ص 73-100.
2. بورابة لطيفة :" مباني قلعة الجزائر العثمانية دراسة تاريخية وأثرية " ، في مجلة علوم الانسان والمجتمع ، العدد 11 ، سبتمبر 2014 ، ص ص 163- 192.
3. علا الخالد – الخشبية التالفة معالجة الأثار – منتدى عشاق الحضارة والآثار ، 2011.

4. فاتن نوري ملا عبد ، نديم أحمد رمضان :" الفطريات المنتجة لإنزيم السيلولاز والمحمولة ببذور بعض أنواع البقوليات "، في مجلة علوم الرافدين ، المجلد 21، العدد 04 ، 2010 ، ص ص 57-65.

5. محمد زينهم ، عمرو فاروق الجوهري:" نحو اتجاه تكنولوجي جديد في المحافظة والترميم المعماري الدقيق إعادة تجديد الأزهر بين الأصالة والمعاصرة "، أبحاث ندوة عمارة المساجد ، م 9 أ ، كلية العمارة والتخطيط ، جامعة الملك سعود ، 1999 ، ص ص 3-33 .

6. محمد معتوق ، عابد شريط :" تأثير بعض العوامل البيولوجية والبيئية في الخواص الأساسية لخشب التويا البربرية "، مجلة علوم وتكنولوجيا ، جامعة منتوري قسنطينة ، عدد خاص د ، جوان 2002 ، ص ص 5-12.

7. ورنر . أ :" صيانة الجلود والأخشاب والعظام والعاج ومواد الأرشيف "، ترجمة : عادل الكفيشي ، في صيانة التراث الحضاري ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، تونس ، 1990 .

قائمة المجلات و المقالات و المنشورات و التقارير باللغة الأجنبية

1. Amoroso G.G : « Consolidation et protection des pierres au moyen de produits minéraux et de résines synthétique » ,Dans : Matériaux et Constructions , Vol 10 , N°56,SD.

2. Bouineau Alain - Citadelle d'Alger expertise des travaux de protection provisoire et des travaux de restauration proposés - UNESCO ,Paris , 1985 .

3. Bourkhiss Brahim et autres : « Composition chimique et bioactivite de l'huile essentielle des rameaux de Tetraclinis Articulata », In Bull.Soc .Pharm .Bordeaux , N 146 , 2007,Pp75-84.

4. El Mouridi M et autres : « caractérisation physique du bois de la loupe de thuya (Tetraclinis articulata Vahl Masters) » In : physical chemical News , N° 59 , 2011 Pp57-64.

5. Fiest W.C :" Outdoor wood weathering and protection", In Archaeological wood , Published by American society chemical , 1990, Pp 263-298.

6. Haddad Ahmed, Dominique Lachenal et d'autres :" Caractéristiques papetières de la pate de bois de thuya de berbèrie (Algérie) (Tetraclinis Articulata Vahl) obtenue par procédé soude-anthoquinone" , in : Ann.For.Sci , N° 63 , 2006,Pp 493-498.

7. Hadjadj Kouider , Latreuch Belarouci Assia :" Synthèse bibliographique sur le thuya de berbèrie (Tetraclinis articulata Vahl Masters) ", In Geo –Eco – Trop , N 41 , 2017 ,Pp 13-27.

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 ,Pp 19-28.

9. MCC direction du l'architecture et du patrimoine - Ouvrage de charpente en bois Fascicule technique - missions techniques et travaux , France , 2002 .

10. NICHANE M. et KHELIL M.A : « Notes sur l'attaque de Thuya de berbèrie (Tetraclinis articulata (Vahl) Masters) par un Bupreste (Ovalisia festiva linnaeus) dans les monts des Traras occidentaux (Nord occidentale Algérien) », Revue des BioRessources, Vol 4 N° 1 Juin 2014, Pp21-28.

11. ONM- Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 1996 - **CCN** Alger, 1996.

12. ONM- Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2000 - **CCN** Alger, 2000.

13. ONM- Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2004 - **CCN** Alger, 2004.

14. Tarras Mohamed et autres : « Dynamique phytoécologique de Thuya de Berbèrie face à l'incendie », In foret méditerranéenne , Tome .XXIX , n°1 , Mars.2008, Pp33-40.

15. Vasco Fassina , « Pollution atmosphérique et altération de la pierre » ,Dans La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO.

16. Zeika Vinuales Marquier - Qualité des huiles essentielles en désinfection préventive Normalisation – protection des chémotypes - dans ; Les contaminant biologique des biens culturels , Collection patrimoine , France , 2002 .

قائمة المشاريع باللغة العربية

1. الوكالة الوطنية للأثار وحماية المعالم التاريخية - مشروع ترميم قصبة الجزائر وقصر الداي- تيبازة ، 1988.

2. مشروع العمارة التقليدية في سوريا ، الاتحاد الأوروبي ، 2004

قائمة المشاريع باللغة الأجنبية

1. Andrzej Macur - Actualisation des études de restauration a la citadelle d'Alger – Palais des beys projet d'adaptation – Architecture , Volume 2.7.a.1 , 2012 .

2. Ministère de la communication et de la culture - Evaluation financière des travaux de restauration Citadelle d'Alger - Juillet 2003.
3. PKZ : (atelier de conservation des monuments historiques, Polonais)- Etude de mise en œuvre de la citadelle d'Alger- contrat signé par le ministère de la culture sous référence n° : 64 du 23.01.1979, Varsovie 1980.
4. Pulikowski Adam - Etude II gt –Expertise géotechnique Citadelle d'Alger - contrat no 64 du 23-01-1979 , Varsovie , Décembre 1980

قائمة أطروحات الدكتوراه و الرسائل باللغة العربية

1. ابراهيم محمد صفاء محمد - دراسة علمية تطبيقية لعلاج وصيانة بعض التحف الخشبية الأثرية الإسلامية المزخرفة برقائق جلدية والطبقات الملونة تطبيقا على بعض التحف من مجموعة المتحف الإسلامي بالقاهرة - رسالة ماجستير صيانة وترميم الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006.
2. بن بلة خيرة - المنشآت الدينية بالجزائر خلال العهد العثماني - رسالة دكتوراه ، معهد الآثار ، الجزائر ، 2007 -2008 .
3. جدي صليحة - مساكن قلعة الجزائر دراسة معمارية وفنية-رسالة ماجيستير في الأثار العثمانية ، معهد الأثار ، جامعة الجزائر 2 ، 2010 – 2011.
4. حنان علي الخزاعلة – معالجة الأخشاب باستخدام المواد الطبيعية تطبيقا على العناصر المعمارية الخشبية في أحد المباني التراثية في قرية سحم – رسالة ماجستير في صيانة التراث الحضاري ، جامعة اليرموك ، الأردن ، 2010
5. خالد بن محمود بن عبد القادر برادة – التقنيات التنفيذية للأخشاب وتوظيفها في الصناعات والحرف اليدوية الصغيرة ودورها في إثراء التربية الفنية ، رسالة ماجستير في التربية الفنية ، جامعة أم القرى ، المملكة العربية السعودية ، 2008

6. ربعين أعمر - مناهج وتطبيقات حفظ وصيانة وترميم الممتلكات الثقافية الخشبية دراسة البكترولوجية لبكتيريا الخشب الأثري ، رسالة دكتوراه صيانة وترميم ، معهد الآثار ، 2015 – 2016.
7. عبد الصمد رقية - واقع الصيانة و الترميم للأبراج العسكرية بالجزائر- برج تامنفوست ، برج حمزة ، برج موسى أنموذجا- جامعة الجزائر2-معهد الاثار ، 2016
8. عبد العزيز لعرج - المباني المرينية في إمارة تلمسان الزيانية - أطروحة دكتوراه ، ج 2 ، معهد الآثار ، جامعة الجزائر ، 2000 .
9. عصام محمد أحمد - دراسة ترميم الأسقف الخشبية الملونة في العمائر الاسلامية بالقاهرة تطبيقا على أحد العمائر المختارة - أطروحة دكتوراه في ترميم الأثار ، كلية الآثار ، جامعة القاهرة ، 2006 .
10. عيساوي بوعكاز – حجارة المباني الأثرية: أساليب حفظها وترميمها المدينة الأثرية تبسة "تيفاست" أنموذجا – أطروحة دكتوراه في الصيانة والترميم ، معهد الأثار ، 2015 – 2016
11. مطروح أم الخير - صيانة وترميم منشآت قلعة الجزائر العثمانية دراسة أثرية للتغيرات الطارئة عليها ومشاريع صيانتها وترميمها - أطروحة دكتوراه في الأثار الإسلامية ، معهد الأثار ، جامعة الجزائر 2 ، 2010 – 2011 .

قائمة أطروحات الدكتوراه و الرسائل باللغة الأجنبية

1. Bensaadi Toubal Djamila - Recommandations pour l’élaboration d’un processor normatif de sécurisation d’un projet de restauration , cas d’étude la Citadelle d’Alger - mémoire de magistère de patrimoine architectural et urbain , EPAU , 2013.
2. 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 .

3. 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 -These de Doctorat en biologie , Université Mohammed V , 2016

4. Haddad Ahmed - Etude des caractéristiques anatomique ,chimique et papetiere du bois de Thuya de Berberie (Tetraclinis Articulata Vahl) - Thèse de doctorat en foresterie , Université Aboubekr Blkaid de Tlemcen , SD .

5. Hadjadj Kouider - Etude de la productivité de thuya de berbérie (titraclinis articulata (Vahl) Masters) dans l'ouest Algérien dans la prospective de développement durable - Thèse de doctorat , Département des ressources forestières , Université de Telemcen , 2016- 2017.

6. Lartigau Julie - Caractérisation du comportement des assemblages par goujons colles des les structures bois - Thèse de doctorat en mécanique , Université de Bordeaux 1 , 2013

7. Olivier Paras - Utilisation de cellulose pour l'élaboration de matériaux photo luminescents ou conducteurs- Thèse doctorat , Université de Grenoble , 2011 .

8. Rousset Patrick - Choix et validation expérimentale d'un modèle de pyrolyse pour le bois traité par haute température de la microparticule au bois massif - Thèse de doctorat , ENGREF UHP Nancy 1 , 2004.

قائمة مواقع الانترنيت

1. http:// www.arab-encyc.com/ar
2. http://alger-roi.fr/ Alger/ documents_algeriens/ culturel/ images/ 75_rue_plan_1831
3. http://cinumed.mmsh.univ-aix.fr/ collections /carto/ Pages/ AAT/ fasc-01.aspx
4. http://termites4.com/termite-control-methods-what-are-the-most-common.
5. https://civilizationlovers.wordpress.com
6. http://volodia.eklablog.com/promenades
7. http://www.feedo.net/LifeStyle/Decoration/HomeCare/WeevilsAndHwToGetRidOfThem
8. http://www.insectesdebelgique.be
9. http://www.woodproducts.fi/ar/content/lkhsys-lhrry-llkhshb
10. https://earth.google.com
11. https://kenanaonline.com/hasan/posts.
12. https://motls.blogspot.com
13. https://www.google.com/maps
14. https://www.pinterest.com
15. https://www.swedishwood.ae/about_wood/choosing-wood/wood-and-moisture/microorganisms
16. www.expert-merules-termites.fr
17. www.inaturalist.org/taxa/81951-Dermestidae
18. http://www.directindustry.fr/prod/drc-srl/product

الفهارس

فهرس الجداول

فهرس الجداول

الجدول	الصفحة
جدول رقم (01) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الصنوبر	48
جدول رقم (02) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب الأرز	49
جدول رقم (03) الخصائص الفيزيائية لخشب التويا	78
جدول رقم (04) خصائص خشب بلوط الزان	86
جدول رقم (05) ارتفاع الأشعة	157
جدول رقم (06) كمية البنتازون في خشب العرعر البربري	159
جدول رقم (07) كمية الهميسليلوز في خشب العرعر البربري	160
جدول رقم (08) نسبة الانكماش لخشب العرعر البربري	162
جدول رقم (09) معامل عدم التجانس لخشب العرعر البربري	162
جدول رقم (10) الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري	163
جدول رقم (11) يلخص أهم نتائج القياسات للبطاريات في المهمة الأولى	315
جدول رقم (12) يلخص أهم نتائج القياسات للبطاريات في المهمة الثانية	319
جدول رقم (13) نتائج تجربة الرطوبة للعينات ذات الشكل العشوائي .	325
جدول رقم (14) نتائج تجربة الرطوبة للعينات ذات الشكل المنتظم	325
جدول رقم (15) نتائج تجربة الكتلة الحجمية بالرطوبة	328
جدول رقم (16) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في حالة الجافة	328
جدول رقم (17) نتائج تجربة الكتلة الحجمية في الحالة المشبعة	328
جدول رقم (18) نتائج الكتلة الحجمية القاعدية	329
جدول رقم (19) نتائج تجربة الانكماش الحجمي الكلي ومعامل الانكماش	330
جدول رقم (20) نتائج تجربة الانكماش القطري والمماسي	332
جدول رقم (21) نتائج تجربة الانتفاخ	332
جدول رقم (22) نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية	338
جدول رقم (23) الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري	342

فهرس الأشكال

فهرس الاشكال

الشكل	الصفحة
شكل رقم (01) صورة جوية لقلعة الجزائر	26
شكل رقم (02) موقع قلعة الجزائر على الخريطة	26
شكل رقم (03) موقع قلعة الجزائر على خريطة من سنة 1831	27
شكل رقم (04) مجسم لقلعة الجزائر	29
شكل رقم (5) خريطة جيولوجية للجزائر	31
شكل رقم (06) خريطة طبوغرافية لمدينة الجزائر والقلعة	33
شكل رقم (07) موقع القصر على المجسم	34
شكل رقم (08) صورة داخلية للقصر	34
شكل رقم (09) موقع القصر على المجسم	35
شكل رقم (10) صورة لقصر البايات	35
شكل رقم (11) موقع المسجدين على المجسم	35
شكل رقم (12) صورة للمسجد الجديد والقديم	35
شكل رقم (13) موقع المصنع على المجسم	36
شكل رقم (14) صورة لمصنع الذخيرة	36
شكل رقم (15) موقع المخابئ على المجسم	37
شكل رقم (16) صورة تمثل المخابئ	37
شكل رقم (17) موقع أسوار القلعة على المجسم	37
شكل رقم (18) صورة لأسوار القلعة	37
شكل رقم (19) موقع الحي الانكشاري على المجسم	38
شكل رقم (20) صورة للحي الانكشاري	38
شكل رقم (21) مخطط لمواد بناء القلعة	39
شكل رقم (22) صور لاستخدامات الحجارة في القلعة	40
شكل رقم (23) صور لاستخدامات الرخام في القلعة	42

شكل رقم (24) صورة لاستخدام الأردواز في القلعة.	42
شكل رقم (25) صورة لاستخدام الطابية في السور الخارجي لقصر الداي	43
شكل رقم (26) صورة للآجر المستخدم في ترميم القلعة	43
شكل رقم (27) صور لاستخدام القرميد في القلعة	44
شكل رقم (28) صورة لخزف قنوات صرف الماء	45
شكل رقم (29) صورة المربعات الخزفية في القلعة	45
شكل رقم (30) صورة عن الحديد المستعمل في القلعة	46
شكل رقم (31 أ) صور استخدام خشب الصنوبر في القلعة	48
شكل رقم (31 ب) صور استخدام خشب الأرز في القلعة	50
شكل رقم (31 ج) صور استخدام خشب العرعر البربري في القلعة	50
شكل رقم (32) صورة ملاط التلبيس و ملاط الفواصل	51
شكل رقم (33) مخطط أنواع الطلاء المستخدمة في قلعة الجزائر	52
شكل رقم (34) طريقة بناء الأساسات البسيطة و على أرضية منحدرة	54
شكل رقم (35) التقنية المنتظمة	55
شكل رقم (36) تقنية البناء بآدية والشناوي	55
شكل رقم (37) تقنية البناء بصفوف من الآجر	55
شكل رقم (38) تقنية البناء بالسنبلة	56
شكل رقم(39) تقنية البناء بالتناوب	56
شكل رقم (40) تقنية البناء المزدوج	57
شكل رقم (41) صورة للعقود المنكسرة المتجاوزة في الواجهة الشرقية من قصر الداي	58
شكل رقم (42) صورة للعقد النصف دائري المتجاوزة في مدخل حمام الأغا بعد الترميم	59
شكل رقم (43) صورة لعقد مقبض القفة لنافذة بقصر الداي .	60
شكل رقم (44 أ) صورة لقباب مسجد الداي.	61

شكل رقم (44ب) رسم تخطيطي لقبة مثمنة	61
شكل رقم (45أ) مجسم لتسقيف بالأقبية المتقاطعة	62
شكل رقم (45 ب) صورة لتسقيف بالأقبية المتقاطعة بمسجد الجيش	62
شكل رقم (46أ) رسم تخطيطي لتسقيف بالقبو الأسطواني	62
شكل رقم (46 ب) صورة لتسقيف بالقبو الأسطواني بمخابئ الجيش	62
شكل رقم (47) صور للتسقيف المسطح في السلالم و أروقة قصر الداي .	63
شكل رقم (48) صورة لدرج بقصر الداي	64
شكل رقم (49) صورة لدرابزين في قصر الداي	65
شكل رقم (50) صورة لشمسيات فوق الباب بقصر الداي.	66
شكل رقم (51) صورة لاستعمال الطنف في قصر الداي	66
شكل رقم (52) صور عن استخدام الخشب لامتصاص الهزات	66
شكل رقم (53) مخطط لموقع الأسبار الاختبارية في قلعة الجزائر	71
شكل رقم (54) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في قصر الباي	72
شكل رقم (55) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في السور الخارجي الشمالي الشرقي للقلعة	73
شكل رقم (56) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في السور الخارجي و قنطرة المياه لقلعة الجزائر .	74
شكل رقم (57) رسم تخطيطي للأساسات بحسب الأسبار الاختبارية في مخزن البارود لقلعة الجزائر .	75
شكل رقم (58) صورة للأعمدة الإسمنتية بقصر البايات	77
شكل رقم (59) صورة لانهيار جزء من السور الخارجي بالقلعة	79
شكل رقم (60أ.ب) صورة لتغطية واسناد السور المنهار بالقلعة	79
شكل رقم (61) صورة للدعامات الحديدية داخل السور	80
شكل رقم (62) صورة لتركيب القطع في السور وعملية البناء	80

شكل رقم (63) صورة للحجارة الساندة للتراب المركوم .	**81**
شكل رقم (64) صورة لأثار الجدار الذي يعود للفترة الوسيطة .	**81**
شكل رقم (65أ،ب) صورة للمنظر النهائي للجدار بعد الترميم داخليا وخارجيا.	**81**
شكل رقم (66) صورة لقاعة الصلاة بمسجد الداي بعد الترميم	**82**
شكل رقم (67 أ،ب) صورة للحفر لإزالة القطع الخشبية في قبة مسجد الداي	**83**
شكل رقم (68 أ،ب) صورة لتنظيف المكان وطليه بالجير	**83**
شكل رقم (69) صورة لتقطيع الخشب بحسب مقاس القبة	**84**
شكل رقم (70 أ، ب) صورة لمعالجة الأخشاب بمبيد الفطريات وطليها بالجير	**84**
شكل رقم (71 أ ، ب،ج) الخطوات النهائية لترميم القبة	**85**
شكل رقم (72) طلاء الواجهة الشرقية لمسجد الداي بالجير	**85**
شكل رقم (73 أ،ب) صورة لإعادة سقف المخابئ خارجيا وداخليا	**87**
شكل رقم (74 أ،ب) صورة لإعادة بناء وتلبيس جدران البطارية الثانية	**88**
شكل رقم (75) صورة لمبيد فطر الميرال .	**88**
شكل رقم (76 أ،ب) صورة لجهاز وطريقة رش مبيد الفطريات	**89**
شكل رقم (77) إعادة تصور للبناء بالخشب في العهد الفرعوني	**95**
شكل رقم (78) صورة لتمثال من الخشب	**95**
شكل رقم (79أ،ب) استخدام الخشب في التسقيف في الحضارة الاغريقية	**97**
شكل رقم (80) استخدامات الخشب في البناء في الحضارة الرومانية .	**98**
شكل رقم (81) صور لاستخدامات الخشب في الحضارة الاسلامية	**99**
شكل رقم (82 أ،ب،ج) صور عن استخدامات الخشب في عصر النهضة	**100**
شكل رقم (83) مخطط تكوين المملكة النباتية	**101**
شكل رقم (84) صورة لأنواع النباتات الخشبية	**102**
شكل رقم(85) مخطط أنواع الأخشاب	**103**
شكل رقم (86) صورة لأنواع الأخشاب اللينة	**106**
شكل رقم (87) صورة لأنواع الأخشاب الصلبة	**106**

شكل رقم (88) صور عن أنواع الخشب الصناعي	**108**
شكل رقم (89) صورة لمكونات جذع شجرة .	**109**
شكل رقم (90) اتجاه المقاطع في جذع شجرة	**110**
شكل رقم (91) مخطط التركيب الظاهري للخشب .	**110**
شكل رقم (92) مكونات الخلية النباتية .	**113**
شكل رقم (93) مخطط التركيب لجدار الخلية	**114**
شكل رقم (94) مخطط التركيب المجهري للخشب الصلب واللين	**115**
شكل رقم (95) قطاع عرضي في خشب مسامي حلقي وآخر منتشر	**117**
شكل رقم (96) رسم تخطيطي للأوعية الخشبية .	**117**
شكل رقم (97) تركيب الخشب ومكونات الوعاء والقصيبات	**119**
شكل رقم (98) رسم تخطيطي للمكونات المجهرية لخشب راتينجي وورقي .	**119**
شكل رقم (99) مخطط التركيب الكيميائي للخشب .	**121**
شكل رقم (100) التمثيل الكيميائي لجزيء السليلوز .	**122**
شكل رقم (101) التركيبة الكيميائية للكحول المكونة للجنين	**126**
شكل رقم (102) مقدار انكماش الأخشاب في الاتجاهات الثلاث	**132**
شكل رقم (103) مختلف أنواع القطع في الخشب	**140**
شكل رقم (104أ،ب) أدوات النجارة اليدوية وطريقتها	**141**
شكل رقم (105) صور لمختلف آلات القطع	**142**
شكل رقم (106) صور لمختلف آلات المسح	**143**
شكل رقم (107) صور لآلات النقر المختلفة .	**144**
شكل رقم (108) مخطط لأنواع تجفيف الخشب	**144**
شكل رقم (109) صورة لطريقة التجفيف الطبيعي للخشب	**145**
شكل رقم (110) التجفيف بالهواء الساخن .	**145**
شكل رقم (111) صورة للتجفيف الخشب بالبخار	**146**
شكل رقم (112) لصورة للمكونات المختلفة للعرعر المفصلي الثمار والجذع	**148**

والأغصان	
شكل رقم (113) خريطة انتشار العرعر البربري سنة 1987 .	**151**
شكل رقم (114) صورة مجهرية لمقطع عرضي خشب العرعر	**154**
شكل رقم (115) صورة مجهرية لمقاطع من خشب العرعر	**155**
شكل رقم (116) صورة مجهرية للقصيبات	**155**
شكل رقم (117) صور عن الاستخدامات الانشائية لخشب العرعر في قلعة الجزائر	**164**
شكل رقم (118) صورة للدرابزين في قصر الداي	**164**
شكل رقم (119) مخطط لعوامل التلف الداخلية للخشب	**169**
شكل رقم (120) العيوب الطبيعية للأخشاب.	**173**
شكل رقم (121) نوع القوى المطبقة على خشب البناء .	**175**
شكل رقم (122) صورة مجهرية لشكل الألياف عند تعرضها للضغط والجذب.	**175**
شكل رقم (123) مخطط لعوامل التلف الخارجية للخشب .	**176**
شكل رقم (124) مخطط لعوامل الفيزيائية المؤثرة على الخشب.	**177**
شكل رقم (125) آلية تدهور الخشب المعرض لأشعة الشمس	**180**
شكل رقم (126) مخطط للعوامل البيولوجية المؤثرة على الخشب	**187**
شكل رقم (127) مخطط لأنواع الحشرات المتلفة للخشب الجاف	**188**
شكل رقم (128)صورة لحشرة بوبراست العرعر	**189**
شكل رقم (129)صورة لحشرات الأنوبيديا	**189**
شكل رقم (130) صورة لحشرة السوسيات الكبيرة ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .	**190**
شكل رقم (131) صورة لحشرة السوسة الصغيرة	**191**
شكل رقم (132) صورة لحشرة الليكتوس ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها.	**192**

شكل رقم (133) صورة لعائلة السيرامبيسيدي	**193**
شكل رقم (134) صورة لحشرة قرنبيات المنازل ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها	**194**
شكل رقم (135) صورة لحشرة الدرمستيدي	**194**
شكل رقم (136) صورة لحشرة السوس	**195**
شكل رقم (137) صورة لحشرة الهيسبيروفان ويرقتها ومظهر الخشب المصاب بها .	**196**
شكل رقم (138) صورة للأرضة	**197**
شكل رقم (139) مخطط لأنواع الفطريات المتلفة للأخشاب	**199**
شكل رقم (140) صورة فطر الميرال	**201**
شكل رقم (141) صورة التعفن الأبيض	**205**
شكل رقم (142) البقع الزرقاء الناتجة عن الفطريات في الخشب	**208**
شكل رقم (143) صورة للشموع الطبيعية	**216**
شكل رقم (144) صورة للراتينجات الطبيعية	**218**
شكل رقم (145) صورة لبعض الأدوات المستعملة في علاج الخشب	**225**
شكل رقم (146) صور لخطوات معالجة الخشب بالمبيد ات	**235**
شكل رقم (147) خطوات إصلاح رافدة خشبية	**245**
شكل رقم (148) الاصلاح السطحي لعناصر الخشب	**246**
شكل رقم (149) تحسين احكام سد الخشب من الهواء	**247**
شكل رقم (150) تحسين احكام سد الخشب من الماء	**249**
شكل رقم (151) خطوات تغيير الزجاج	**250**
شكل رقم (152) خطوات استبدال حوامل الأجزاء البارزة	**252**
شكل رقم (153) خطوات استبدال الأجزاء الخشبية البارزة	**253**
شكل رقم (154) خطوات معالجة التشققات في الأجزاء الخشبية البارزة	**254**
شكل رقم (155) معالجة وحماية الخشب الذي يكون بحالة جيدة	**255**

شكل رقم (156) معالجة وحماية الخشب الذي يكون بحالة سيئة	**256**
شكل رقم (157) معالجة تلف الخشب بسبب الحشرات والفطريات	**257**
شكل رقم (158) معالجة مجموعة من الجسور الخشبية عند مستوى الجدار	**259**
شكل رقم (159) معالجة الجسر الخشبي عند مستوى الجدار	**260**
شكل رقم (160) مخطط للأضرار المرتبطة بالأشجار	**272**
شكل رقم (161) صورة لشقوق نجمية بخشب القلعة	**274**
شكل رقم (162 أ،ب) صورة للعقد الموجودة بالخشب المستعمل للترميم في القلعة	**274**
شكل رقم (163) صورة للعقد بالخشب في جدران المراحيض بالبطارية الثانية	**275**
شكل رقم (164 أ) صورة لشرخ طولي بخشب العوارض في قصر الداي	**276**
شكل رقم (164 ب) صورة لشرخ طولي بخشب الجدران في البطارية الثانية	**276**
شكل رقم (165) مخطط عوامل التلف الخارجية للخشب	**277**
شكل رقم (166) مخطط عن العوامل الفيزيائية لتلف الخشب	**278**
شكل رقم (167) مخطط لمصادر الرطوبة	**278**
شكل رقم (168) أعمدة بيانية لمعدل نسبة الرطوبة في مدينة الجزائر سنة 2004.	**280**
شكل رقم (169) صورة هشاشة الخشب وانتفاخه	**281**
شكل رقم (170) صورة تشقق خشب التدعيم بسبب الرطوبة وحدوث تقعر	**282**
شكل رقم (171) التعفن ونمو الطحالب على خشب القلعة بسبب تسرب الأمطار	**282**
شكل رقم (172) صورة تغير لون الخشب	**283**
شكل رقم (173) مخطط بياني لدرجة الحرارة	**284**
شكل رقم (174) صورة تغير لون الخشب بسبب الحرارة	**285**
شكل رقم (175) صورة انكماش الخشب وحدوث تشققات طولية بسبب	**285**

الحرارة	
شكل رقم (176) صورة تشققات سطحية في الخشب وتخشنه بسبب الحرارة	**285**
شكل رقم (177) صورة تقعر السقف بسبب الحمولة	**286**
شكل رقم (178) صورة انحناء الخشب لعدم توازن الثقل	**286**
شكل رقم (179) صورة انكسار العرضة الخشبية نتيجة الثقل	**287**
شكل رقم (180) صورة تأثر المبنى بهبوط الأرضية نتيجة الزلازل	**288**
شكل رقم (181) صورة تشكل طبقة سوداء على الخشب بفعل التلوث	**289**
شكل رقم (182) صورة تجمع الغبار على الخشب واخفاء اللون	**289**
شكل رقم (183)مخطط لأنواع الحشرات المتلفة للأخشاب	**290**
شكل رقم (184) صورة تنقر الخشب وهشاشته نتيجة حشرات السوس	**292**
شكل رقم (185) صورة فقدان أجزاء من الخشب ووجود ثقوب موازية لمحور الخشب ناتجة عن حشرات الأنوبيديا	**292**
شكل رقم (186) صورة تشوه الخشب وتآكله نتيجة حشرات السوس	**293**
شكل رقم (187) صورة لحجرات وأنفاق حشرة قرنبيات المنازل	**293**
شكل رقم (188) مخطط لأنواع الفطريات المتلفة للأخشاب ومظاهرها	**295**
شكل رقم (189) صورة فقدان المتانة نتيجة فطريات العفن الليفي في خشب الظلة	**296**
شكل رقم (190) صورة تغير اللون نتيجة التعفن على خشب السقف به طلاء في القلعة	**296**
شكل رقم (191) صورة انفصال تكعيبي للعفن البني في خشب ساكف النافذة	**297**
شكل رقم (192) صورة تغير اللون وتطرية الخشب بسبب العفن والرطوبة الزائدة	**297**
شكل رقم (193) صورة لفطر اللونزيت على خشب القلعة	**298**
شكل رقم (194) صورة لنمو الطحالب على خشب مقصورة الداي	**299**
شكل رقم (195) صورة لتشوه مظهر الخشب بفضلات الحمام	**300**

شكل رقم (196) صورة عن استخدام أخشاب بها اعوجاج في القلعة	**301**
شكل رقم (197) صورة عن زوال أجزاء من الخشب بفعل بشري	**301**
شكل رقم (198) صورة جهاز قياس الرطوبة و الحرارة	**305**
شكل رقم (199 أ.ب.ج) مخطط وصور لمكان وضع بطاريتين في قصر البايات	**307**
شكل رقم (200 أ.ب.ج) مخطط وصور لمكان وضع البطاريتين في قصر الداي	**308**
شكل رقم (201 أ.ب.ج) مخطط و صور لمكان وضع البطاريات في قصر البايات وقصر الداي .	**310**
شكل رقم (202) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 02 .	**312**
شكل رقم (203) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 03	**313**
شكل رقم (204) منحنى بياني لنتائج درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 04 .	**313**
شكل رقم (205) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 02 .	**314**
شكل رقم (206) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 03 .	**314**
شكل رقم (207) منحنى بياني للمعدل اليومي لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم 04	**315**
شكل رقم (208) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم05 .	**318**
شكل رقم (209) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم06 .	**318**

شكل رقم (210) منحنى بياني لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة للبطارية رقم07 .	319
شكل رقم (211) صورة جهاز السكليرومتر	320
شكل رقم (212) جهاز PUNDIT	321
شكل رقم (213 أ.ب) مخطط للطابق الأول من قصر البايات وصورة لمكان أخذ العينات	322
شكل رقم (214 أ.ب.ج) إزالة الأجزاء الهشة والمسامير من العينات	323
شكل رقم (215 أ.ب.ج) صور عن تقطيع الخشب إلى عينات متساوية المقاييس	323
شكل رقم (216 أ) صورة العينات ذات الشكل العشوائي	324
شكل رقم (216 ب) صورة لوزن العينات	324
شكل رقم (216 ج) صورة لتجفيف العينات	324
شكل رقم (217 أ) صورة العينات المستعملة للتجربة	326
شكل رقم (217 ب) صورة توضح وزن العينة	326
شكل رقم (217 ج)صورة تجفيف العينات في المنشف	326
شكل رقم (218) صورة العينات المستعملة في تجربة الانكماش	331
شكل رقم (219 أ) صورة آلة قياس الضغط الطولي	333
شكل رقم (219 ب) صورة قياس الضغط المحوري للعينة	333
شكل رقم(219 ج) صورة بداية انكسار العينة نتيجة الضغط	333
شكل رقم (220 أ) كيفية وضع العينة	335
شكل رقم (220 ب) كيفية قياس قيمة الانحناء	335
شكل رقم (221 أ) صورة الجهاز المستعمل في قياس ضغط الانحناء.	336
شكل رقم (221 ب) صورة العينة عند قياس المرونة	336
شكل رقم (221 ج) صورة انكسار العينة نتيجة الحمولة المطبقة	336
شكل رقم (222) منحنيات بيانية لتجربة الضغط المحوري للعينة رقم 1	340

شكل رقم (223)منحنيات بيانية لتجربة الضغط المحوري للعينة رقم 2	**340**
شكل رقم (224) منحنى بياني لنتائج تجربة الانحناء للعينة 1	**341**
شكل رقم (225) منحنى بياني لنتائج تجربة الانحناء للعينة 2	**341**
شكل رقم (226) انكسار العينة رقم 02 نتيجة تجربة الانحناء	**344**
شكل رقم (227) صورة جوية لمناطق انتشار العرعر البربري بغابة مزغنة	**351**
شكل رقم (228) صور لغابة العرعر البربري بتابلاط	**351**
شكل رقم (229) صور لأشجار العرعر البربري بغابة تابلاط	**352**
شكل رقم (230) صورة جوية لمناطق انتشار العرعر البربري بجبل زكار بمليانة	**353**
شكل رقم (231) خريطة طبوغرافية لمناطق انتشار العرعر البربري بجبل زكار بمليانة .	**353**
شكل رقم (232) صور للغابة الموجودة على طريق عريوة بمليانة	**354**
شكل رقم (233) صور لأشجار العرعر البربري بغابة بمليانة	**354**
شكل رقم (234) باب غرفة الداي	**355**
شكل رقم (235) الزيوت المستخدمة	**355**
شكل رقم (236) تحديد الواجهة للتنظيف و اختيار الزيت المناسب	**356**
شكل رقم (237) تحضير الخليط	**357**
شكل رقم (238) تجهيز سطح الباب للمعالجة	**357**
شكل رقم (239) ثني قطعة القماش ولبس القفازات	**358**
شكل رقم (240) وضع الطبقة الأولى من الزيت	**358**
شكل رقم (241) تنظيف السطح بعد جفاف الزيت	**359**
شكل رقم (242) وضع الزيت وصنفرة الخشب	**360**
شكل رقم (243) صورة مقصورة الداي والواجهة الداخلية	**360**
شكل رقم (244) تنظيف الواجهة وصقلها	**362**
شكل رقم (245) غالق المسام المستعمل .	**362**

شكل رقم (246) طريقة تطبيق غالق المسام	**363**
شكل رقم (247) مدة تجفيف المنتج	**363**
شكل رقم (248) صقل السطح بورق الصنفرة والصوف المعدني	**364**
شكل رقم (249) إضافة طبقتين من غالق المسام .	**364**
شكل رقم (250) تجفيف الخشب بعد استعمال غالق المسام	**365**
شكل رقم (251) الطلاء المستخدم	**365**
شكل رقم (252) صنفرة سطح الخشب	**366**
شكل رقم (253) وضع طبقة أولى من الصبغة	**367**
شكل رقم (254) إزالة الصبغة الزائدة بورق الصنفرة	**367**
شكل رقم (255) وضع طبقة ثانية	**368**
شكل رقم (256) وضع الطبقة الثالثة من الصبغة .	**368**
شكل رقم (257) معالجة تلف الخشب بسبب الحشرات والفطريات بتقنية الرش .	**370**
شكل رقم (258 أ.ب) صورة لتواجد العوارض الخشبية الضخمة بقصر الداي	**371**
شكل رقم (259) صورة الجهاز المستعمل في الحقن وطريقته .	**372**
شكل رقم (260) طريقة سد الشقوق في الخشب	**374**
شكل رقم (261) مظهر السقف قبل عملية استبدال الروافد الخشبية	**376**
شكل رقم (262) مظهر السقف بعد عملية استبدال الروافد الخشبية	**376**
شكل رقم (263) صورة الباب .	**377**
شكل رقم (264) صورة وضعية أرضية مقصورة الداي .	**378**
شكل رقم (265) صورة الرافدة الخشبية لسقف البطارية .	**379**
شكل رقم (266) خطوات اصلاح الخشب بطريقة اللصق بالألياف الزجاجية	**380**
شكل رقم (267) طريقة التجميع بالحلق واللسان .	**381**
شكل رقم (268) صورة لظلة الباب الرئيسي بقصر الداي .	**382**
شكل رقم (269) طريقة وضع الروافد والألواح الخشبية .	**384**

الفهرس العام

الفهرس العام

الإهداء

الشكر والتقدير

الملخص

قائمة المختصرات

قائمة المصطلحات

المقدمة

الجانب النظري	الصفحة
الفصل الأول: قلعة الجزائر ، هيكلتها وتدخلات الترميم	**24**
تمهيد	**26**
1- الاطار الجغرافي، التاريخي، الجيولوجي والمناخي لقلعة الجزائر	**26**
1.1- الإطار الجغرافي لقلعة الجزائر	**26**
2.1- الإطار التاريخي لقلعة الجزائر	**27**
1.2.1 - المرحلة الأولى من 1516 إلى 1600	**28**
2.2.1 - المرحلة الثانية من 1600 إلى 1817	**28**
3.2.1 - المرحلة الثالثة من 1817 إلى 1830	**28**
4.2.1 - المرحلة الرابعة من 1830 إلى 1962	**28**
3.1- الإطار الجيولوجي والطبوغرافي لقلعة الجزائر	**29**
1.3.1 - الإطار الجيولوجي للقلعة	**29**
2.3.1 - الإطار الطبوغرافي للقلعة	**32**
4.1- الإطار المناخي لقلعة الجزائر	**33**
2- منشآت قلعة الجزائر	**33**
1.2 - قصر الداي	**33**
2.2 - قصر البايات	**34**
3.2 - المسجدين القديم والجديد	**35**

4.2 - مصنع الذخيرة	**36**
5.2 - المخابئ	**36**
6.2 - الحصون والأسوار	**37**
7.2 - حي الانكشاريين	**38**
3- مواد و تقنية بناء قلعة الجزائر	**38**
1.3- مواد البناء المستعملة في قلعة الجزائر	**38**
1.1.3 - المواد الصلبة	**39**
1.1.1.3 - الحجارة	**39**
2.1.1.3 - الجص	**40**
3.1.1.3 - الجير	**41**
4.1.1.3 - الرخام	**41**
5.1.1.3 - الأردواز	**42**
6.1.1.3 - الطابية	**42**
2.1.3 - المواد المركبة	**43**
1.2.1.3 - الآجر	**43**
2.2.1.3 - القرميد	**44**
3.2.1.3 - خزف قنوات الماء و الصرف	**45**
4.2.1.3 - المربعات الخزفية	**45**
5.2.1.3 - الزجاج	**45**
3.1.3 - المواد المعدنية	**46**
1.3.1.3 - الحديد	**46**
2.3.1.3 - النحاس	**46**
3.3.1.3 - البرونز	**47**
4.1.3 - المواد الخشبية	**47**
1.4.1.3 - خشب الصنوبر	**47**

2.4.1.3 - خشب الأرز	49
3.4.1.3 - خشب التويا (العرعر البربري)	50
2.1.3 – ملاط الربط في القلعة	50
3.1.3- أنواع الطلاء في القلعة	52
1.3.1.3 – طلاء جصي	52
2.3.1.3 – طلاء اسمنتي	52
3.3.1.3- طلاء طيني	52
4.3.1.3 - طلاء جيري	52
5.3.1.3- طلاء جيري جصي	52
6.3.1.3- طلاء جيري إسمنتي	53
2.3- تقنية بناء قلعة الجزائر	53
1.2.3 - تقنية بناء الأساسات	53
2.2.3 - تقنية بناء الجدران	54
1.2.2.3 - التقنية المنتظمة	54
2.2.2.3 - تقنية آدية والشناوي	54
3.2.2.3 - تقنية البناء بصفوف من الآجر	55
4.2.2.3 - تقنية البناء بالسنبلة	56
5.2.2.3 - تقنية البناء بالتناوب	56
6.2.2.3 - تقنية البناء المزدوج	57
3.2.3 - تقنية بناء العناصر المعمارية	58
1.3.2.3 - تقنية بناء العقود	58
أولا - العقد المنكسر المتجاوز	58
ثانيا - العقد النصف دائري المتجاوز	59
ثالثا - عقد مقبض القفة أو المستعرض	60
2.3.2.3 - تقنية بناء الأسقف	60

أولا - التسقيف بالقبة	60
ثانيا - التسقيف بالأقبية المتقاطعة	61
ثالثا - التسقيف بالأقبية الأسطوانية	62
رابعا - التسقيف المسطح	63
3.3.2.3 - تقنية بناء السلالم والدرابزين والشمسيات والأطناف	63
أولا - السلالم	63
ثانيا - الدرابزين	64
ثالثا - تقنية بناء الشمسيات والأطناف	65
4.2.3 - تقنيات الحماية من الزلازل	66
4- مختلف التدخلات السابقة لترميم القلعة	67
1.4 - التدخلات الفرنسية	67
2.4 - التدخلات بعد الاستقلال (1962 – 1979)	68
3.4 - تدخلات (1980 – 1990)	68
1.3.4- أساسات المباني	69
2.3.4- توصيات الدراسة التقنية	76
4.4 - التدخلات 1990-2012	76
5.4- التدخلات الاسبانية 2012-2015	79
6.4- التدخلات على مسجد الداي 2014-2018	82
7.4- تدخلات 2017-2018	86
5 – خلاصة	90
الفصل الثاني :أنواع الخشب واستعمالاته	91
تمهيد	93
1 - تعريف الخشب	93
1.1 - الصفات الأساسية للنباتات الخشبية	93
2 - تطور استخدامات الخشب عبر العصور	94

1.2 - عصر ما قبل التاريخ	**94**
2.2 - الحضارة المصرية القديمة 3000 ق م – القرن الأول ميلادي	**94**
3.2- الحضارة الاغريقية 3000 – 146 ق م	**96**
4.2 - الحضارة الرومانية 753 ق م – 476 م	**97**
5.2 - الحضارة الاسلامية	**98**
6.2 - عصر النهضة والباروك 1400 – 1800 م	**99**
3- أنواع الخشب	**101**
1.3- الأخشاب الطبيعية	**103**
1.1.3- الأخشاب اللينة	**103**
2.1.3 - الأخشاب الصلبة	**105**
2.3 - الأخشاب الصناعية	**106**
1.2.3 - الخشب المتعاكس	**106**
2.2.3 - ألواح الرقائق الخشبية	**107**
3.2.3 - الخشب الحبيبي المضغوط	**107**
4.2.3 - الأخشاب ذات الطبقات	**107**
5.2.3 - الخشب الليفي	**107**
4 - بنية الخشب	**108**
1.4 - وظيفة الجذع الرئيسي	**108**
2.4 - مكونات الجذع الرئيسي للشجرة	**109**
5 - تكوين الخشب	**109**
1.5 - المكونات الانشائية للخشب	**109**
1.1.5 - المكونات الظاهرية للخشب	**109**
1.1.1.5 - القطاع العرضي	**111**
أولا - القشرة	**111**
ثانيا- النجب	**111**

ثالثا - الشكير أو اللحاء	**111**
رابعا - القلب أو الجلب	**111**
خامسا - اللب أو النخاع	**112**
2.1.1.5 - القطاع المركزي	**112**
أولا - الحلقات السنوية للأخشاب	**112**
ثانيا - الأشعة الخشبية	**112**
3.1.1.5- القطاع المماسي	**113**
2.1.5 - المكونات المجهرية للخشب	**113**
1.2.1.5 - الألياف	**115**
أولا - الألياف المستقيمة	**115**
ثانيا - الألياف الملتوية	**115**
ثالثا - الألياف المتموجة	**115**
2.2.1.5 - الأوعية	**117**
3.2.1.5 - البرانشيما الطولية	**117**
4.2.1.5 - الأشعة الخشبية	**118**
5.2.1.5 - القصيبات	**118**
6.2.1.5 - الخلايا الطلائية أو الراتينجية	**119**
3.1.5 - نسيج الخشب	**120**
1.3.1.5- أخشاب ذات نسيج ضيق	**120**
2.3.1.5- أخشاب ذات نسيج واسع	**120**
2.5 - التكوين الكيميائي للخشب	**120**
1.2.5 - الهلوسليلوز	**121**
1.1.2.5 - السليلوز	**121**
أولا - خواص السليلوز	**122**
ثانيا - مشتقات السليلوز	**123**

2.1.2.5 - الهميسليلوز	**123**
أولا - هميسليلوز الأخشاب اللينة	**124**
ثانيا - هميسليلوز الأخشاب الصلبة	**124**
2.2.5 - اللجنين	**125**
1.2.2.5 - التركيب الكيميائي للجنين	**126**
3.2.5 - المستخلصات الخشبية	**126**
1.3.2.5 - أماكن وجود المستخلصات	**127**
4.2.5 - المواد المعدنية	**128**
5.2.5- الماء الحر والمرتبط	**128**
1.5.2.5- الماء الحر	**128**
2.5.2.5 - الماء المرتبط أو الهيجروسكوبي	**128**
أولا – الماء التكويني	**129**
ثانيا – الماء المرتبط السطحي	**129**
ثالثا – الماء المتكثف الشعري	**129**
6 - خصائص الخشب	**129**
1.6 - الخصائص الفيزيائية	**129**
1.1.6 - الوزن النوعي	**129**
2.1.6- الكثافة	**130**
3.1.6 - الرطوبة	**130**
4.1.6 - الانكماش والانتفاخ	**131**
5.1.6 - اللون	**132**
6.1.6 - الرائحة	**133**
7.1.6 - نفاذية الضوء	**133**
8.1.6 - احتمالية الخشب (مقاومته)	**133**
9.1.6- النسيج والتعريق والشكل	**133**

2.6 - الخواص الميكانيكية للخشب	**134**
1.2.6 - مقاومة الضغط	**134**
2.2.6 - المرونة أو مقاومة الانحناء	**135**
3.2.6 - مقاومة الشد	**135**
4.2.6 - مقاومة القص	**135**
5.2.6 - مقاومة الالتواء	**136**
6.2.6 - التجزيعة الدائرية	**136**
3.6 - الخواص الكيميائية للخشب	**136**
4.6 - الخواص الكهربائية	**137**
5.6 - الخواص الحرارية	**137**
6.6 - الخواص الصوتية	**138**
7.6 - الخواص الضوئية للخشب (لمعان الخشب)	**138**
8.6- القساوة (الصلابة)	**138**
7 - صناعة الأخشاب	**139**
1.7 - تقطيع الأخشاب	**139**
1.1.7 – الأدوات والآلات المستخدمة في تهيئة الخشب	**140**
1.1.1.7- آلات القطع	**141**
2.1.1.7 - آلات المسح	**142**
3.1.1.7 - آلات النقر	**143**
2.7 - تجفيف الأخشاب	**144**
1.2.7 - التجفيف الطبيعي	**145**
2.2.7 - التجفيف الصناعي	**145**
1.2.2.7 - طريقة الهواء الساخن	**145**
2.2.2.7 - طريقة الماء المغلي	**146**
3.2.2.7 - التجفيف بالبخار	**146**

8 - تعريف خشب العرعر البربري	**146**
1.8 - الوصف النباتي	**147**
9 - تجدد نمو العرعر البربري	**148**
10 - أماكن النمو والانتشار	**149**
11 - الطبيعة البيئية للعرعر البربري	**151**
12- الأهمية الاقتصادية للعرعر	**152**
13 - خصائص خشب العرعر البربري	**153**
1.13- الوصف المورفولوجي لخشب العرعر البربري	**153**
1.1.13- المظهر الظاهري	**153**
2.1.13 - المظهر المجهري	**153**
2.13 - التحليل البيومتري لخشب العرعر	**155**
1.2.13 - الأشعة الخشبية	**156**
1.1.2.13- عدد الأشعة الخشبية	**156**
2.1.2.13 - ارتفاع الأشعة الخشبية	**156**
2.2.13 - القصيبات	**157**
1.2.2.13 - طول القصيبات	**157**
2.2.2.13 - عرض القصيبات	**157**
3.2.13 - عرض اللومان وسمك الجدران	**158**
3.13 - التركيبة الكيميائية لخشب العرعر البربري	**158**
1.3.13 - السليلوز	**158**
2.3.13 - اللجنين	**159**
3.3.13 - البنتازون	**159**
4.3.13 - المستخلصات	**160**
5.3.13 - الرماد	**160**
4.13 - الخصائص الفيزيائية لخشب العرعر البربري	**161**

1.4.13 - الكثافة	161
2.4.13 - الانكماش	162
5.13 - الخصائص الميكانيكية لخشب العرعر البربري	163
6.13 - استعمال خشب العرعر البربري في قلعة الجزائر	163
1.6.13 - الاستعمال من الناحية الانشائية (البناء)	163
2.6.13 - الاستعمال من الناحية الفنية	164
14 - الخلاصة	165
الفصل الثالث: تلف وصيانة الخشب الأثري	166
تمهيد	168
1- عوامل تلف الخشب	168
1.1 - عوامل التلف الداخلية	168
1.1.1– عيوب الخشب	169
1.1.1.1- العيوب الطبيعية	169
أولا – العقد	169
ثانيا - التشققات والفلوق والشروخ	170
ثالثا - الأكياس أو الجيوب الراتنجية	170
رابعا - العيوب في بنية الخشب	170
خامسا – الخشب المتفاعل والمتوتر أو الشد	170
سادسا - دخول القشرة	171
سابعا- الخشب الميت	171
ثامنا - ترتيب الألياف واتجاهها	172
2.1.1.1 - العيوب الناتجة عن التصنيع	173
3.1.1.1 - العيوب الناتجة عن التخزين	173
2.1.1 – خصائص الخشب	174
2.1 – عوامل التلف الخارجية	176

1.2.1 - العوامل الفيزيائية	**177**
1.1.2.1 – الرطوبة	**178**
2.1.2.1 – الحرارة	**179**
3.1.2.1 – الاشعاع الشمسي والضوء	**180**
2.2.1 – العوامل الميكانيكية	**182**
1.2.2.1- الحمولات والثقل	**182**
2.2.2.1 – الاهتزازات والزلازل	**183**
2.2.1 – العوامل الكيميائية	**183**
1.3.2.1 – التلوث	**183**
2.3.2.1 – الأملاح	**184**
3.3.2.1 – الأحماض والقلويات والمذيبات العضوية	**184**
4.3.2.1- الأنزيمات	**185**
4.2.1 - العوامل البيولوجية	**187**
1.4.2.1 – الحشرات	**187**
أولا- الخنافس أو غمديات الأجنحة	**188**
ثانيا – الأرضة	**197**
2.4.2.1 – الفطريات	**198**
أولا- الفطريات الخاشبة	**199**
ثانيا – الفطريات الملونة	**207**
3.4.2.1- البكتيريا	**208**
أولا – البكتيريا المكونة للتجاويف	**209**
ثانيا – البكتيريا الناخرة	**209**
ثالثا – بكتيريا الأنفاق	**210**
5.2.1 - العامل البشري .	**210**
2 - مظاهر تلف الخشب	**211**

1.2 - الكسور والشقوق	**211**
2.2 - ضعف بنية الخشب	**211**
3.2 - الاسوداد	**211**
4.2 - ظهور الأعواج	**212**
5.2 - ظهور البقع	**212**
6.2 - تغير اللون	**212**
7.2 - الانكماش الالتفاف والتصدع	**213**
3- صيانة الخشب	**213**
1.3 - مواد الصيانة والترميم	**213**
1.1.3 - المواد الطبيعية	**214**
1.1.1.3– الشموع	**214**
أولا– الشموع الطبيعية غير البترولية	**215**
ثانيا – الشموع البترولية	**216**
2.1.1.3 – الراتينجات	**217**
أولا– القلوفونية أو الروزين	**217**
ثانيا – الدمار	**217**
ثالثا- الألمي	**217**
رابعا – السندراك	**218**
3.1.1.3- الزيوت الأساسية	**218**
2.1.3 – المواد الصناعية	**219**
1.2.1.3 – الراتينجات المتلدنة بالحرارة	**219**
أولا – بولي فنيل أسيتات	**219**
ثانيا- كحول البولي فينيل	**220**
ثالثا – المواد الأكريليكية	**220**
2.2.1.3– الراتنجات المتصلبة بالحرارة	**221**

3.2.1.3 – مشتقات السليلوز	**221**
أولا – الكلوسيل	**221**
ثانيا – مثيل السليلوز	**221**
4.2.1.3 - سيانور الهيدروجين	**222**
5.2.1.3 - برومور المثيل	**222**
6.2.1.3 - كبريت الكربون	**222**
7.2.1.3 – الجامكسان	**223**
8.2.1.3- بنتاكلوروفينول	**223**
9.2.1.3- البراداكس	**223**
10.2.1.3 – الثيمول	**224**
11.2.1.3- النافتالين	**224**
2.3- الأدوات المستخدمة في علاج الخشب	**224**
3.3- أساليب ترميم وعلاج الخشب الأثري	**226**
1.3.3 – التنظيف	**227**
1.1.3.3 – التنظيف الميكانيكي	**228**
2.1.3.3 – التنظيف الكيميائي	**228**
2.3.3- حماية الخشب الأثري	**229**
1.2.3.3 - الحماية من الرطوبة في المباني المكشوفة	**229**
2.2.3.3- الحماية من بخار الماء	**229**
أولا -حماية الخشب بالدهانات	**230**
ثانيا - حماية الخشب بالورنيش	**231**
ثالثا - حماية الخشب بالدهانات المعلقة	**231**
3.2.3.3- الحماية من الرطوبة أثناء النقل والتخزين	**231**
4.2.3.3- الحماية من الحرارة	**232**
5.2.3.3- الحماية من أضرار الحشرات والفطريات والبكتيريا	**232**

أولا - التبخير بمبيدات الحشرات	232
ثانيا - طريقة التدخين	233
ثالثا - تطبيق المحاليل بالحقن	233
رابعا - المعالجة باستعمال الأشعة	235
3.3.3- التدعيم و التقوية	236
1.3.3.3- التدعيم وإعادة اللصق	236
2.3.3.3 – التقوية	237
أولا- التقوية باستخدام الشمع	238
ثانيا - التقوية باستخدام اللدائن الصناعية	238
4.3.3- الاصلاح والاستبدال	239
1.4.3.3- تجميع الألواح الخشبية وملئ الثقوب والشروخ	240
أولا - تثبيت وتجميع الألواح الخشبية المنفصلة	240
ثانيا- ملئ الثقوب والشروخ والفجوات للأخشاب	241
2.4.3.3 – تطبيقات الترميم على الخشب	242
أولا - طريقة إزالة الطلاء من الخشب	242
ثانيا- معالجة تقوس الأخشاب	243
ثالثا – اصلاح الرافدة الخشبية	244
رابعا- اصلاح عناصر الخشب (الاصلاح السطحي)	245
خامسا - تحسين أحكام سد الخشب من الهواء	247
سادسا - تحسين إحكام سد الخشب من الماء	248
سابعا - استبدال الحوامل الأجزاء البارزة الخشبية (الكشك)	250
ثامنا - استبدال الأجزاء البارزة الخشبية (الكشك).	252
تاسعا - معالجة الخشب ضد الحشرات	255
عاشرا- معالجة الخشب من الفطريات	257
إحدى عشر - معالجة مجموعة من الجسور الخشبية عند مستوى الجدار	258

اثنتا عشر - معالجة الجسر الخشبي عند مستوى الجدار	259
ثلاثة عشر- طرق علاج الأخشاب المشبعة بالماء	261
4 - الخلاصة	265

الجانب التطبيقي	الصفحة
الفصل الرابع : الأعمال التجريبية واقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة	**268**
المحور الأول : عوامل ومظاهر التلف لخشب القلعة	**270**
تمهيد	**272**
1- عوامل التلف المؤثرة على خشب القلعة	**272**
1 .1 – عوامل التلف الداخلية	**272**
1.1.1 – الأضرار المرتبطة بالأشجار	**273**
1.1.1.1 - الجيوب الصمغية	**273**
2.1.1.1 - الخشب الميت	**273**
3.1.1.1- العفن المبكر	**273**
4.1.1.1 – التشققات	**273**
5.1.1.1- العقد	**274**
6.1.1.1- الشروخ	**275**
2.1 – عوامل التلف الخارجية	**277**
1.2.1 – العوامل الفيزيائية	**277**
1.1.2.1 - الرطوبة	**278**
أولا - الرطوبة الناتجة عن الأمطار	**279**
ثانيا - رطوبة البحر	**279**
ثالثا - رطوبة المياه الجوفية	**279**
رابعا - رطوبة التكثف (بخار الماء)	**279**
2.1.2.1 – الضوء	**283**

3.1.2.1 - الحرارة	283
1.2.2 - العوامل الميكانيكية	286
1.2.2.1 - الحمولات الميكانيكية	286
2.2.2.1 - الزلازل	287
3.2.1– العوامل الكيميائية	288
1.3.2.1 – التلوث	288
4.2.1 – العوامل البيولوجية	289
1.4.2.1 - الحشرات	289
2.4.2.1 - الفطريات	294
3.4.2.1 – البكتيريا	298
4.4.2.1- الطحالب	299
5.4.2.1- الطيور	299
5.2.1 - العامل البشري	300
2 - الخلاصة	302
المحور الثاني : الأعمال التجريبية لخشب القلعة	303
تمهيد	305
1- قياس دراجات الحرارة ونسبة الرطوبة بالقلعة	305
1.1 – المهمة الأولى	306
2.1- المهمة الثانية	309
3.1- نتائج القياسات	311
1.3.1- نتائج المهمة الأولى	311
2.31- نتائج المهمة الثانية	315
2- التحاليل الفيزيائية والميكانيكية للخشب	320
1.2 – التحاليل غير الهدامة	320
1.1.2- جهاز السكليرومتر	320

2.1.2- جهاز الأمواج فوق الصوتية	321
2.2- التحاليل الهدامة	321
1.2.2- أخذ العينات وتحضيرها	321
2.2.2 - تعيين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب العرعر البربري	323
1.2.2.2 – تعيين الخصائص الفيزيائية طبقا للمعايير الفرنسية	323
أولا- تعيين نسبة الرطوبة	323
ثانيا – تعيين الكتلة الحجمية m_v	325
ثالثا - التقلص الحجمي (الانكماش)	329
رابعا- تعيين الانتفاخ	332
3.2.2 - تعيين الخصائص الميكانيكية	333
1.3.2.2- مقاومة الضغط المحوري الأقصى	333
2.3.2.2 – مقاومة الانحناء السكوني	334
3.3.2.2- الانحناء الأقصى	337
4.2.2 - نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية والميكانيكية	338
1.4.2.2 - نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية	338
2.4.2.2- نتائج تجارب الخصائص الميكانيكية	340
أولا – نتائج تجربة الضغط المحوري	340
ثانيا – نتائج تجربة الانحناء	341
5.2.2 – تفسير وتحليل النتائج	342
3 - الخلاصة	344
المحور الثالث : اقتراحات الصيانة والترميم لخشب القلعة	346
تمهيد	348
1- اختيار الأخشاب المناسبة وتحضيرها	348
1.1- الخشب المستعمل سابقا في الترميم	349
1.1.1- الخشب المستورد	349

2.1.1- الخشب المحلي	**349**
1.2.1.1- خشب بلوط الزان	**349**
2.2.1.1- خشب العرعر البربري	**350**
2.1- الخشب المقترح للترميم	**350**
1.2.1- خشب غابة مزغنة (تابلاط)	**350**
2.2.1- خشب غابات مليانة	**352**
2- معالجة وحماية خشب القلعة	**354**
1.2- حماية الخشب ضد الماء	**354**
1.1.2- حماية الخشب باستخدام الزيت	**355**
2.1.2- تحصين الخشب باستخدام غالق المسام	**360**
3.1.2- تحصين الخشب باستخدام الصبغات	**365**
2.2- حماية الأخشاب ضد الفطريات والحشرات	**369**
1.2.2 - حماية الأخشاب الصغيرة والمتوسطة ضد الفطريات والحشرات	**369**
2.2.2- حماية القطع الخشبية الضخمة ضد الفطريات والحشرات	**370**
3.2- سد الشقوق والعقد والثقوب	**373**
3- ترميم خشب القلعة	**374**
1.3– استبدال واصلاح الأخشاب	**374**
1.1.3- استبدال الأخشاب	**374**
1.1.1.3- الاستبدال الجزئي للأخشاب	**375**
2.1.1.3- الاستبدال الكلي للأخشاب	**377**
2.3- اصلاح الخشب	**378**
1.2.3- اصلاح الخشب عن طريق اللصق	**378**
2.2.3- اصلاح الخشب بالتجميع	**380**
3.3- فك وإعادة البناء	**382**
4 – الخلاصة	**385**

الخاتمة	386
الملحق	392
قائمة المصادر والمراجع	438
الفهارس	457
فهرس الجداول	458
فهرس الأشكال	460
الفهرس العام	474