الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الجزائر 02 معهد الآثار

دراسة تلف وصيانة حجارة الطوف

أعمدة وأطر أبواب مباني قصبة مدينة الجزائر أنموذجا

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم

إعداد الطالبة :

شلبي زينب

تحت إشراف الأستاذ الدكتور :

حميان مسعود

السنة الجامعية : 2010 / 2011

قال الإمام الشافعي :

أخِي لَنْ تَنَالَ العِلْمَ إلاّ بِسِتَةٍ

سَأُنْبِيكَ عَنْ تَفْصِيلِهَا بِبَيَانِ

ذَكاءٌ ، وَحِرْصٌ ، وَاجْتِهَادٌ ، وَبُلْغَة

وَصُحْبَةُ أُسْتَاذٍ وَ طُولُ زَمَانِ

الشكر

بادئ ذي بدء أشكر المولى عز وجل وأحمده على توفيقه لي و منحي القدرة على إتمام هذا العمل .

وعرفانا مني بالجميل فأخص بالشكر و التقدير الأستاذ المشرف الدكتور حميان مسعود على التوجيهات القيمة وسهره و تتبعه لهذا العمل .

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساعدني في إخراج هذا العمل إلى النور وأخص :

السيد زكار عبد الوهاب مدير الديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية .

السيدة مليكة المسئولة عن مخبر الفخار بجامعة بومرداس .

السيدة ماحينداد مسئولة عن إحدى ورشات صيانة القصبة .

و الأساتذة الكرام الذين قبلوا مناقشة هذا العمل .

أساتذتي من الطور الابتدائي إلى الطور الجامعي .

ولكل من ساعدني من قريب أو بعيد لإنجاز هذا العمل .

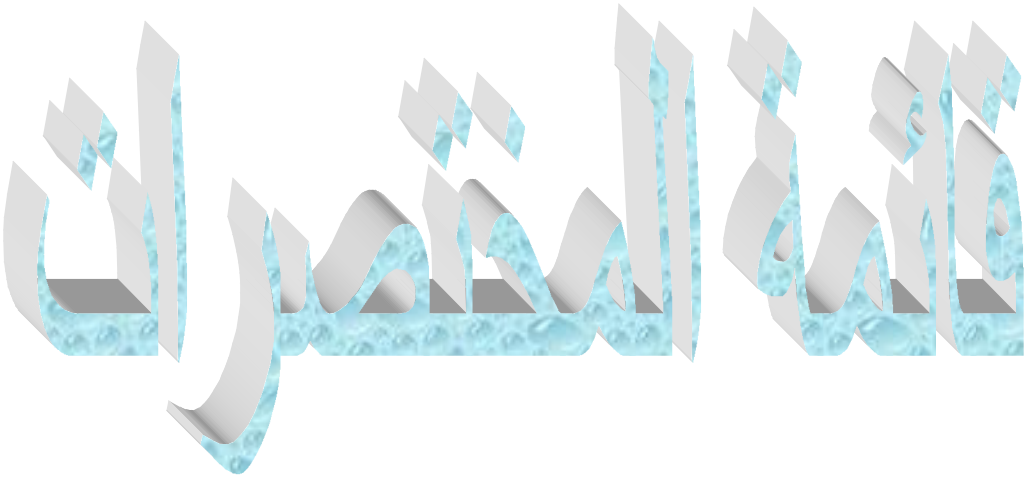
الإهـداء

أهدي ثمرة عملي هذا إلى من قال الله جلا وعلا فيهما : " **و قضى ربّك ألاّ تعبدوا إلاّ إيّاه وبالوالدين إحسانا إمّا يبلغنّ عندك الكبر أحدهما أو كلاهما فلا تقل لّهما أفّ ولا تنهرهما وقل لّهما قولا كريما ، واخفض لهما جناح الذّل من الرّحمة وقل ربّ ارحمهما كما ربّياني صغيرا** " الآية 23 ، 24 من سورة الإسراء :

أمي وأبي .

إلى جميع أفراد العائلة الكريمة .

إلى الصديقات المقربات خلال المشوار الدراسي .


قمة المنتصرات

قائمة المختصرات :

ANGCM : Agence National de Géologie et du Contrôle Minière .

CCN : Centre Climatologique National .

CETIM : Centre d'Etudes et de services Technologiques de l'industrie des Matériaux de construction .

CNERU : Centre National d'Etude et de Recherche en Urbanisme .

CSTC : Centre Scientifique et Techniques de la Conservation .

DSGN : Direction de Service Géologique National .

GCI : Institue de Conservation Getty .

ICOMOS : International Council On Monuments and Sites .

ISCS : International Scientific Committee For Stone .

LGCNSN : Laboratoire de Génie Civil de Nantes Saint – Nazaire .

LGP : Laboratoire de Génie des Procédés .

LRMH : Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques .

LTHE : Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement .

MATET: Ministère de l'Aménagement du Territoire , de l'Environnement et du Tourisme .

MTMOS : Methyltriméthoxysilane .

ONM : Office National de Métrologie .

ORGM : Office National de la Recherche Géologique et Minière .

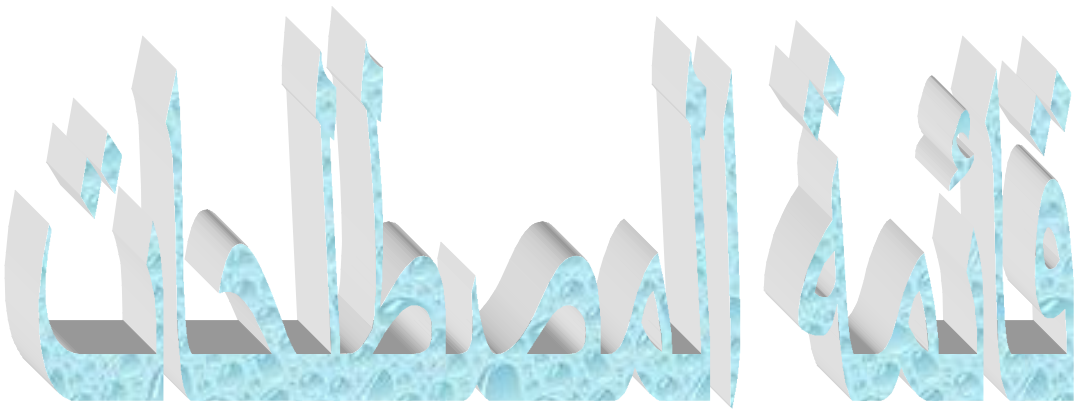
PAC : Plan d'Aménagement Côtier .

PAM : Plan d'Action pour la Méditerranée .

PAP : Programme d'Actions Prioritaires .

SFIIC : Section Française de l'Institut International de Conservation .

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education , la Science et la Culture .


قائمة المصطلحات

قائمة المصطلحات :

Abaque	طبلية : عبارة عن مساحة مربعة فوق التاج
Additif	مواد مضافة
Acrylique	حمض ينتج عن تأكسد الأكروليين
Alkyde	راتنج صناعي يستخدم في الطلاء والبرنيق
Alluvionnaire	طمي
Arc accolade	عقد مزدوج
Arc brisé	عقد منكسر
Arc outrepassé	عقد متجاوز
Arc plein cintre	عقد كامل
Balustrade	درابزين
Battant	مصراع الباب
Calcaire cipolin	حجر كلسي بصلي يشبه مظهره مقطع البصل
Carbonatation	التكلس
Cèdre	خشب الأرز
Charges	مقومات
Chaux éteinte	جير مطفئ
Chaux grasse	جير دهني
Chaux vive	جير حي
Chlorophylle	اليخضور
Chlorophycée	طحالب خضراء
Cloquage	تقبب
Contrefort	كتف : عبارة عن دعامة للجدار
Coulis	ملاط أو مزيج حقن
Craquèlement	تجزع الطلاء

Crépi	طلاء تبطين
Cyanophycée	طحالب زرقاء
Décollement	انفصال
Détartrage des dents	تقليح الأسنان
Diluant	مخفف
Distribution poreuse	التوزعة المسامية
Emulsion	مستحلب
Encorbellement	خرجة
Endolithique	أشنات تنمو داخل الحجارة
Epilithique	أشنات تنمو على سطح الحجارة
Gonflement	انتفاخ
Hydrofuge	مانع للرطوبة
Hydrophile	محب للماء
Hyphe	هيفة : خيط نباتي فطري
Lait de chaux	حليب الجير
Liant	رابط
Liquéfier	تمييع
Lithopone	ليثوبون : مزيج من سلفات الباريوم وسلفور الزنك
Marne	مارن ، جمعر : تراب أصفر اللون تكثر فيه العناصر الصلصالية
Métabolisme	الأيض
Micro burin	إزميل دقيق
Moellon	دبش : حجارة غير منتظمة الشكل
Molasse	حث : نوع من الحجر الكلسي الرخو
Mortier	ملاط
Outremer	لازوردي اللون

Perméabilité	نفاذية
Pigment	صباغ
Pisé	بيزي : آجر وتراب مدكوك
Plastifiant	ملين
Porosimètre à mercure	جهاز قياس حجم المسامات بواسطة الزئبق
Porosité	مسامية
Poutre	عارضة : قطعة من الخشب طويلة الشكل تكون ساند أفقي
Saponifie	التصبن : تشكل الصابون
Siccatif	مجفف
Suspension	معلق
Thalle	مشرة : جسم نباتي ليس فيه محور مركزي
Thiobactérie	البكتيريا المختزلة للكبريت
Thuya	عفص : فصيلة من أشجار الصنوبريات
Tuf	طوف ، توفا
Tuffeau	طفو
Vinylique	راتنج صناعي ناتج عن الأسيتيلان

المقدمة

مقدمة :

تعتبر المباني الأثرية شاهدا على حضارة الإنسان ورقيه . ولقد لجأ الإنسان منذ ما قبل التاريخ إلى تشييد مباني وصروح تقيه من التقلبات الجوية ، وبتطور الحضارة الإنسانية تطورت المواد والتقنيات المستعملة في البناء ، وبمرور الزمن ظهرت حضارات وغابت حضارات أخرى عن الوجود ولكنها تركت أشياء تذكرنا بأنها كانت موجودة في يوم من الأيام في هذا المكان ، ومن بين هذه المخلفات المباني التي شيدتها والتي تشهد على مقدرة هذه الشعوب على الإنتاج والإبداع . حيث أصبحت هذه المخلفات تراثا ثقافيا و حضاريا ، و تمثل ثروة فنية و حضارية كانت حتى وقت قريب عرضة للضياع والاندثار و الاستغلال و الهدم العشوائي تتساقط و تسرق و ليس هناك من يحميها ، و في عصرنا الحديث وعت الشعوب أهميتها و اعتبرتها إحدى الثروات الأساسية ، و أحلتها في المكانة اللائقة ، و أقامت مؤسسات لحمايتها و صيانتها.

تزخر الجزائر كغيرها من بلدان المتوسط بغنى تاريخي وأثري كبير نابع من تعاقب العديد من الحضارات عليها ، وهذا راجع للموقع الاستراتيجي والهام لها ما جعلها نقطة استقطاب وجذب لمختلف الشعوب والثقافات ، هذه الحضارات التي تركت أثارا وبصمات تشهد على وجودها . وقد شهدت الجزائر في الفترة العثمانية تطورا وحركة عمرانية واقتصادية نشيطة ، كما أقامت وشيدت مباني ما زالت شاهدة على ذلك التطور الذي وصلت إليه وعلى مهارة المعماري الجزائري في تلك الفترة ، ومن بينها منازل مدينة القصبة الجميلة القائمة بشموخ والتي تحكي فصولا من تاريخ المدينة الزاخر بالأحداث والوقائع والنابض بالحياة . و تم تصنيف القصبة ضمن التراث الوطني في عام 1982 ثم ضمن قائمة مواقع التراث العالمي في ديسمبر 1992 خلال انعقاد الجلسة السادسة عشر 16 لجمعية اليونسكو UNESCO ، وتضم القصبة بالإضافة للتراث المادي المنقول وغير المنقول تراثا معنويا يتمثل في العادات والتقاليد التي هي في طريق النسيان و الزوال إن لم يتم تدوينها ونشرها وعرضها .

يرجع إنشاء القصبة في بادئ الأمر إلى القرن العاشر ميلادي ثم امتدت وتوسعت في الفترة العثمانية خلال القرن السادس عشر ، وللقصبة هندسة معمارية خاصة تجمع بين البساطة و القيمة الفنية الجمالية ، إذ تتميز بالشوارع الضيقة والدروب المتعرجة والبيوت المتجاورة المتسلقة لربوة المدينة . وتتميز البيوت بمخطط مربع يتوسطه صحن بيت مكشوف أو مغطى ، فيها طابقين أو ثلاثة من أهم عناصرها المعمارية وجود الأعمدة المختلفة والعقود المتنوعة ، كما تتميز البيوت بوجود إطار حجري مزخرف علـــى المداخل . وتم استعمال حجارة الطوف كمادة أساسية في البناء ، هذه الحجارة التي تصنف ضمن الحجارة الرسوبية الكلسية ، والتي يمكن إيجادها في المنطقة في كل من الأبيار والقبة ما يعني قربها من موقع البناء .

تنوعت وتعددت الأسباب التي دفعتنا إلى اختيار هذا الموضوع ومحاولة معالجته ، إذ يمكن أن نذكر على سبيل المثال لا الحصر ما يلي :

_ القيمة الأثرية والتاريخية والفنية والمعمارية التي يمتاز بها الموقع ، والتي ما تزال مجهولة لدى الكثير من الناس ، وهذا ما أدى بنا إلى القيام بدراسة من أجل إعادة الاعتبار لهذا الموقع القيم ، وإمكانية تأهيله ليقوم بدور اقتصادي من خلال الحث على القيام بعملية ترميم واسعة وبعث النشاطات والصناعات التقليدية فيه من جديد .

_ حالة الإهمال التي تعاني منها القصبة والضرر الكبير الذي لحق بها ، وهذا ما أدى إلى التدخل العشوائي وغير السليم من طرف السكان محاولة منهم للإصلاح بنية حسنة ولكنهم أضروا أكثر مما نفعوا ، وهذا ما زاد من استفحال التلف والتدهور .

وبالنظر لما تعانيه القصبة في هذه الأيام وما قبلها من إهمال ولامبالاة ، بالإضافة إلى التعرض لعوامل مختلفة ساهمت في تدهورها وتدمير العديد من شواهدها ، ارتأينا أن تتمحور إشكالية دراستنا حول : **أهم العوامل المؤثرة على تلف حجارة الطوف عامة وعن طوف القصبة خاصة ، وما هي أنجع الوسائل والطرق لصيانتها والحـــفـــاظ عليـــها ؟** ، ويمكن أن تتفرع من هذا التساؤل المحوري أسئلة أخرى ثانوية لا تقل أهمية

عنه منها : ماهية حجارة الطوف ومميزاتها وخصائصها ؟ ، ما الأسباب التي أدت إلى تدهور حالة القصبة ؟ ، كيف يمكننا صيانة مباني القصبة وما هي أحسن الطرق و أفضل المواد التي يمكن استخدامها في ترميم البيوت و أطر الأبواب والأعمدة ؟ .

أما عن منهجية العمل فقد استعنا بكل من المنهج التاريخي التحليلي والمنهج الاستقرائي والمنهج الوصفي والعلمي ، حيث استعملنا في الجانب النظري منهجا استقرائيا و تاريخيا إذ بعد استقراء المعلومات من المراجع قمنا بعرضها وتحليلها ، بالإضافة إلى تقديم المعلومات التاريخية في الجزء المخصص بالقصبة ، مع تقديم وصف موجز لهذه البيوت بالإضافة إلى تشخيص عوامل تلف هذه البيوت ، أما في الجانب التطبيقي فالتزمنا بمنهج علمي تحليلي يقوم على إجراء تجارب علمية تبعت بعدها بتحليل لنتائج هذه التجارب .

وقد قسم الموضوع إلى جانبين : جانب نظري وجانب تطبيقي بالإضافة للمقدمة والخاتمة ، ويضم الجانب النظري ثلاثة فصول .

خصصنا الفصل الأول لحجارة الطوف والطلاء حيث قسمناه إلى قسمين :

تناولنا في القسم الأول حجارة الطوف حيث تحدثنا عن أقسام الحجارة بصفة عامة ومختصرة ، ثم التطرق بشيء من التفصيل إلى حجارة الطوف وأنواعها وطريقة تشكلها مع ذكر أهم الخصائص الميكانيكية والفيزيوكيميائية للحجارة عموما وحجارة الطوف خصوصا ، ثم التعرف على أهم استعمالات هذا النوع من الحجارة وفي الأخير ذكر بعض المحاجر المنتجة للطوف في الجزائر .

أما القسم الثاني فقد احتوى معلومات عن الطلاء من تعريف ومكونات وأهم الأنواع ، مع ذكر أهم استعمالات الطلاء والدور الذي يلعبه ، إضافة إلى التحدث عن أهم الأسباب التي تؤدي إلى تلفه .

أما الفصل الثاني فقد أفردناه إلى أهم العوامل المؤدية لتلف حجارة الطوف ومظاهر ونتائج هذا التلف ، بالإضافة إلى التحدث عن الطرق المختلفة للصيانة والمحافظة على المعالم المبنية من هذه الحجارة ، وفي الأخير ذكر مختلف عمليات الترميم كضرورة حتمية .

الفصل الثالث والذي يتضمن دراسة الإطار الجغرافي والمناخي لمدينة الجزائر ، ثم التعرف على طبوغرافية وجيولوجية المدينة ، بعدها استعرضنا تاريخ المدينة من النشأة حتى فترة الاستعمار الفرنسي ، بالإضافة إلى ذكر الهندسة المعمارية لمنازل القصبة ومختلف مواد البناء ، وفي الأخير أعطينا تشخيصا لحالة مباني القصبة خاصة أطر الأبواب والأعمدة مع التطرق إلى أهم العوامل التي أدت إلى تلف هذه المنازل .

الفصل الرابع والذي يتمثل في الجانب التطبيقي ويخص القيام بتحاليل مخبرية لمعرفة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لحجارة الطوف المأخوذة من منازل القصبة ، بالإضافة إلى إجراء تجارب على أنواع مختلفة من الطلاء قصد التعرف على الدور الذي يلعبه كل نوع (حماية أو زخرفة) ، وتأثير كل من الأحماض والأسس على حجارة الطوف ، وفي الأخير استعراض نتائج هذه التجارب وتحليلها .

وأنهينا البحث بخاتمة أوضحنا فيها النتائج التي توصلنا إليها من خلال هذا البحث ، مع ذكر بعض الاقتراحات بالنسبة للقصبة .

الجانب النظري

الفصل الأول
حجارة الطوف و الطلاء

الفصل الأول : حجارة الطوف والطلاء

تمهيد .

I _ حجارة الطوف .

1 _ تعريف الصخور .

2 _ تصنيف الصخور .

3 _ أنواع صخور الطوف .

4 _ الخصائص الميكانيكية و الفيزيوكيميائية للحجارة .

5 _ استعمالات حجارة الطوف .

6 _ محاجر الطوف .

II _ الطلاء .

1 _ تعريف الطلاء .

2 _ مكونات الطلاء .

3 _ أنواع الطلاء .

4 _ استعمالات الطلاء .

5 _ دور الطلاء .

6 _ عوامل تلف الطلاء .

الخلاصة .

تمهيد :

كانت الحجارة ولا تزال مادة أساسية من المواد المستعملة في البناء ، فقد استعملها الإنسان منذ غابر الأزمنة في تشيد مساكنه ومدنه ، بالإضافة إلى أنه استعملها أيضا في صنع أدوات تمكنه من أن يتقوّت من نتائجها وفيها ، ومن أمثلة ذلك : الأدوات الحجرية المستعملة في الصيد في العصر الحجري ، وكـذلك أدوات طـحـن الحبـوب وغـيرها .

و بالنظر لخاصية الحجارة كمادة مقاومة للزمن وعوامله وسهولة العثور عليها وبالرغم من صعوبة استخراجها ، فقد شكلت أساس أغلبية مدن الحضارات السابقة ، والتي ما تزال شواهدها ماثلة للعيان للآن مبرهنة على إمكانية مقاومتها للزمن ومتحدية له.

وتختلف خصائص الحجارة بحسب نوع الصخور ، التي بدورها تختلف بحسب طريقة تكوينها والمواد الداخلة في تركيبها ، بحيث نجد الصخور البركانية والرسوبية والمتحولة ، وتعد الصخور البركانية أساس نشأة باقي الأنواع ، وحجارة الطوف نوع من بين الأنواع الكثيرة التي استعملت في تشييد منشآت ومباني مختلفة .

استعمل الإنسان الألوان منذ العهود الغابرة ، حيث استعملها أولا في رسوماته الجدارية في الكهوف والمغارات فيما قبل التاريخ كنوع من الفن أو لتدوين حياته اليومية ، وخلال الحضارات القديمة استعملها في طلاء منازله وتزينها باللوحات الجصية ، وقد استخدم في بادئ الأمر ألوانا من مواد طبيعية كحجارة المغرة وصفار البيض وبعض النباتات وماء الجير ، وبمرور الزمن وتطوره توصل إلى استعمال الأكاسيد المعدنية وخلطها مع بعضها البعض لإنتاج ألوانا جديدة ومتنوعة قادرة على البقاء لفترة أطول من نظيراتها السابقة .

I _ حجارة الطوف :

1 _ تعريف الصخور :

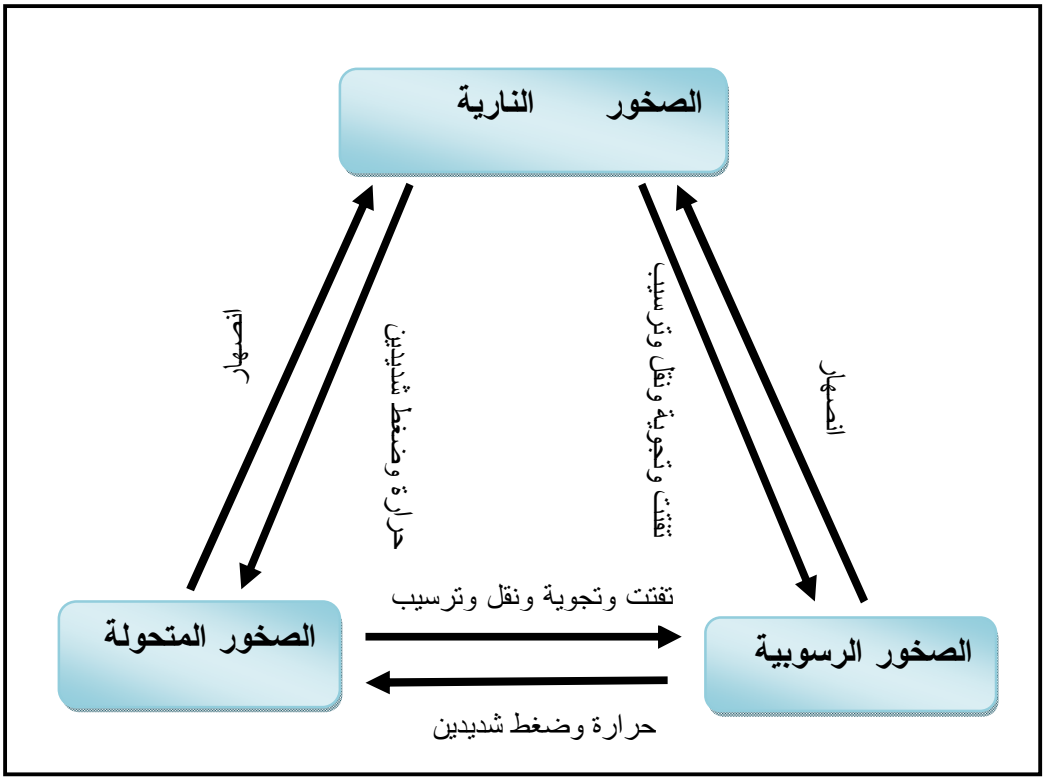
يعرف علماء الجيولوجيا الصخر : " بأنه مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن تراكمت في مكان واحد نتيجة ظروف تكوين معينة " ([1]) ، ولكل صخر تركيب معدني وكيميائي خاص ([2]) .

2 _ تصنيف الصخور :

لقد تشكلت مختلف الصخور التي يتكون منها سطح القشرة الأرضية نتيجة لعمليات جيولوجية فعّالة خلال الأزمنة الجيولوجية الطويلة ، وقد أدى ذلك إلى بناء أنواع الصخـــور ، وهدم أنواع أخرى في الوقت نفسه ، وقد كانت الصخور خلال الفترة الأولى عبارة عن مواد معدنية منصهرة أخذت تبرد بالتدريج وتتصلب داخليا وخارجيا مشكلة بذلك الصخور النارية ، والتي تعرضت بدورها إلى عوامل التعرية مثل : الأمطار ، الرياح ، الحرارة والرطوبة التي تسببت في تكسير هذه الصخور وتفتيت الكثير من أجزائها إلى حبيبات معدنية مختلفة الأحجام ([3])، والتي حملت بواسطة عوامل النقل كالتيارات المائية والهوائية والجليديات إلى أحواض الترسيب ، وهناك تتجمع وتتصلب وتتماسك بفعل عوامل اللحام والضغط مكونة الصخور الرسوبية ، وتحت ظروف معينة مثل : درجات الحرارة العالية والضغط الشديد أو الاثنين معا ، فإن الصخور تتعرض إلى إعادة التبلور لمعادنها أو تكوّن معادن جديدة مع بقائها في الحالة الصلبة ، وينتج عنها الصخور المتحولة ، ومع زيادة الضغط والحرارة قد تنصهر جميع أنواع الصخور الموجودة في الطبيعة ، وتتحول إلى صهارة صخرية من جديد والتي قد تبرد وتتصلب مكونة صخورا نارية من جديد ([4]) ، وهذا ما يعرف بدورة الصخر في الطبيعة وهو مبين في الشكل رقم (01) .

---

[1]- عطا الله مشيل كامل ، أساسيات الجيولوجيا ، الطبعة الأولى ، دار المسيرة ، عمان ، 2000 ، ص 227 .
[2]- محسوب محمد صبري ، مبادئ الجغرافيا الطبيعية ، د ط ، د م ، د ت ، ص 45 .
[3]- محمد عبد الهادي محمد ، مبادئ ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، مكتبة نهضة الشرق ، القاهرة ، 1996 ، ص 68 .
[4]- عطا الله مشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 230 .



شكل رقم (01) : دورة الصخر في الطبيعة ، عن : عطا الله مشيل كامل ، أساسيات الجيولوجيا ، ص 231 .

ويمكن أن نصنف الصخور بإتباع أكثر من طريقة ، فقد تصنف تبعا لتركيبها الكيميائي أو لمكوناتها المعدنية ، ومن التصنيفات الشائعة تصنيف الصخور تبعا لنشأتها أو تكوينها ([1]) ، وبذلك فإنها تصنف إلى ثلاثة أصناف كبرى : الصخور البركانية (النارية) ، الصخور الرسوبية و الصخور المتحولة .

1.2 _ الصخور البركانية :

هي الصخور التي تكونت نتيجة تصلب المواد المنصهرة في درجات حرارة عالية والتي انبثقت من باطن الأرض وانتشرت على سطحها فتصلبت بسرعة ، أو أنها لم تستطع الوصول إلى سطح الأرض فكان تصلبها بطيئا وبصورة تدريجية تحت السطح ، وتعتبر الصخور النارية الأساس التي تكونت منها أنواع الصخور الأخرى ([2]) ، وتنقسم الصخور النارية من حيث تركيبها العنصري ودرجة حموضتها إلى :

[1]- عطا الله مشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 227 .
[2] - نفسه ، ص 228 .

1.1.2 _ الصخور الحمضية : وهي الصخور التي تبلورت في درجات حرارة منخفضة ، وتتميز بغناها بمادة السليكا حيث تصل نسبتها إلى 70 % ولهذا السبب دعيت بالصخور الحمضية ، وعادة ما تتميز هذه الأنواع بلونها الفاتح وقلة كثافتها النوعية بالمقارنة مع الصخور القاعدية ، ومن أهم أنواع هذه الصخور نجد : الجرانيت ([1]) .

2.1.2 _ الصخور القاعدية : وهي الصخور التي تتراوح نسبة السليكا فيها ما بين 45 % و55 % ، وترتفع فيها في نفس الوقت نسب الحديد والماغنيسيوم ، تتميز بارتفاع كثافتها وبألوانها القاتمة الراجعة إلى ازدياد نسبة مركبات الحديد ، درجة انصهارها أعلى بكثير من درجة انصهار الصخور الحمضية ، ومن أمثلتها : الجابرو و البازلت ([2]) .

3.1.2 _ الصخور المعتدلة (الوسطية) : تتراوح نسبة السليكا الداخلة في تكوينها بين 55 % و 65 % ([3]) .

2.2 _ الصخور الرسوبية :

وهي صخور نشأت وتكونت من تفتت الصخور النارية أو المتحولة نتيجة عمليات التجوية والحت والتعرية ، ثم انتقلت مكوناتها بفعل التيارات المائية والهوائية أو الجليديات ، فترسبت في بيئات مائية أو على اليابسة ، ثم حدثت عليها عمليات تماسك ولحام بفعل مواد جيرية أو حديدية أو سليكاتية ، وتتميز بمظهرها الطبقي المختلف السمك ([4]) ، ويختلف مظهر الصخور الرسوبية و التركيبة الكيميائية لها بحسب الظروف الجغرافية للمناطق التي ترسبت فيها ([5]) ، و تمثل الصخور الكلسية 20 % تقريبا من مجموع الرسوبيات ([6]) ، و تعتبر الصخور الرسوبية الكلسية من بين أكثر الحجارة استعمالا كمواد للبناء والتزيين لأنه من السهل العمل بها ، ويمكن أن تتشكل من بلورات دقيقة من الكالسيت المترسب عن المحاليل المشبعة ، أو من أصداف المستحثات من مختلف الكائنات العضوية ، ويعد من الصعب تصنيف هذه المجموعة من الصخور

---

[1]- محسوب محمد صبري ، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية ، د ط ، د م ، د ت ، ص 8 .
[2]- صفي الدين محمد ، جيومورفولوجية قشرة الأرض ، دار النهضة العربية ، بيروت ، 1971 ، ص 57 .
[3] - نفسه ، ص 57 .
[4]- عطا الله مشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 228 .
[5]- صفي الدين محمد ، المرجع السابق ، ص 58 .
[6]- الخوري يوسف ، موجز البتروغرافيا (علم الصخور) ، المطبعة التعاونية ، دمشق ، 1977 ، ص 216 .

نظرا لتنوعها الشديد ([1]) ، ويمكن أن نصنف الصخور الرسوبية من حيث النشأة إلى ثلاثة أقسام :

1.2.2 _ الصخور الرسوبية ذات نشأة حطامية (الفتاتية) :

تتكون من فتات الصخور والمعادن التي سبق تكوينها نتيجة للعمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية ، ثم قامت الرياح والمياه الجارية بنقل هذا الفتات إلى أماكن الترسيب ([2]) .

2.2.2 _ صخور رسوبية ذات نشأة عضوية :

تكونت نتيجة لترسيب البقايا العضوية سواء كانت نباتية أو حيوانية ، مثل : الهياكل الخارجية للحيوانات اللافقارية والهياكل الداخلية للحيوانات الفقارية أو إفرازات بعض الطحالب أو جذور النباتات المختلفة ([3]) ، مشكلة بذلك طبقات سميكة ومن ثم يتم تحللها بواسطة الفطريات والبكتيريا ، ونتيجة للضغط الواقع عليها من ثقل الطبقات المترسبة فوقها أو نتيجة عملية اختزال أو تفحم البقايا النباتية فقد تماسكت مع بعضها البعض ([4]) ، وتتدخل البكتيريا بشكل غير مباشر في تشكيل صخور أخرى كالصخور الفوسفاتية ، يعتبر بعض الباحثين هذا النوع من الصخور صخورا رسوبية حطامية في حين يعتبرها آخرون صخورا رسوبية كيميائية ([5]) .

3.2.2 _ صخور رسوبية ذات نشأة كيميائية :

وهي الصخور التي تتكون نتيجة لترسيب مواد معدنية كانت ذائبة في محاليل مائية مشبعة ، ثم يتبخر منها كمية من الماء لتصل بعد ذلك إلى درجة فوق الإشباع ، فتترسب نتيجة لذلك المعادن الذائبة فيها بحيث يترسب المعدن الأكثر ذوبانا في الماء أولا ، ثم يليه الأقل منه ذوبانا ، وتتكون الصخور الرسوبية الكيميائية أحيانا نتيجة للتفاعلات الكيميائية بين المعادن التي تحتويها المياه في الطبيعة فيتكون نتيجة لذلك معادن جديدة ، إما أن تبقى

---

[1]- Lorenzo Lazzarini, " Genès et classification des roches " dans : La dégradation et la conservation de la pierre , UNESCO , Venise , p 27 .

[2]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 79 .

[3]- حسن محمد يوسف ، شريف عمر حسين ، النقاش عدنان باقر ، أساسيات علم الجيولوجيا ، مركز الكتب الأردني ، الأردن ، 1998 ، ص 107.

[4]- عطا الله مشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 253 .

[5]- André Cailleux ," Les roches " dans : Que sais –je , Presses universitaires de France , Paris , 1952 , p 38.

ذائبة في المياه أو تترسب في قيعان الأحواض المائية مكونة رسوبيات ، أو يتكون منها أملاح معدنية متبلورة حول حواف الأحواض المائية أو قيعانها ([1]) .

3.2 _ الصخور المتحولة :

تنتج الصخور المتحولة عن تعرض الصخور النارية أو الصخور الرسوبية للضغط والحرارة ، ويمكن أن ينتج الضغط والحرارة عن تأثير تراكم الصخور بعضها فوق بعض ، أو بفعل الطاقة الناتجة عن حركات الأرض ، وينعكس أثر كل من الضغط والحرارة على خصائص الصخور المتحولة ، ويحدث التحول نتيجة تغير الظروف الطبيعية والكيميائية التي تتعرض لها الصخور النارية أو الرسوبية أو المتـــحولة الأصليـــة ([2]) ، وفي مثل هذه الظروف يمكن أن تحدث عملية إعادة التبلور دون أن تتصهر المواد الفلزية ، وتنتج عادة مواد ذات درجة تراص أعلى من المواد المتعرضة لهذه العوامل وذات تركيب مغاير ([3]) ، ومن أهم الصخور المتحولة نجد كل من : الرخـــام ، الشيست ، الأردواز ، الكوارتزيت ، ويتم التحول في هذا النوع من الصخور بمساهمة ثلاثة عوامل رئيسية ، وتتمثل في :

1.3.2 – التحول الحراري : حيث تسبب الحرارة الشديدة في أعماق معينة من القشرة مع ما تحمله من سوائـــل حارة إلى تحـــول الصخور وإعـــادة تبلورها تبلورا جزئيا أو كلـــيا ([4]) .

2.3.2 – التحول الاحتكاكي : يحدث ذلك عندما تتدفق الحمم الساخنة والمشبعة بالأبخرة والغازات من باطن القشرة الأرضية ، وتحتك بالصخور المحيطة بها مؤدية إلى إحداث تحول على مستوى حالة تبلور المواد وكيفية تلاحمها ، وبالتالي نتوج فلزات جديـــدة ومغايرة ([5]) .

3.3.2 – التحول بالضغط (الديناميكي) : يتسبب الإجهاد (الضغط) وتغير درجة الحرارة في تحول الصخور في مناطق واسعة ، ويساعد هذا النوع من التحول على نمو

---

[1]- عطا الله مشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 240 .
[2]- محسوب محمد صبري ، المرجع السابق (مبادئ الجغرافية الطبيعية)، ص 58 .
[3]- سطاس محمد راتب ، سعود أنوراوس ، مواد البناء واختبارها ، ديوان المطبوعات الجامعية ، الجزائر ، 1992 ، ص 41 .
[4]- محسوب محمد صبري ، المرجع السابق ، ص 58 .
[5]- André Cailleux , Op Cit , p54 .

معادن جديدة مسطحة الشكل أو نصلية ، بحيث تتعامد جوانبها المفلطحة على اتجاه حركة الضغط ، ونتيجة لذلك ينشأ بالصخور المتحولة تركيب متوازي يعــرف بالتورق أو الشيستية ([1]) .

3 – أنوع صخور الطوف :

هي صخور شديدة المسامية ذات أصل (منشأ) مختلف منها ما هو بركاني ، ومنها ما هو رسوبي ، كما تختلف هذه الصخور من منطقة إلى أخرى ويمكن أن تسمى بحسب المنطقة التي تتواجد بها .

1.3 _ الطوف البركاني :

عبارة عن صخور بركانية سطحية متطايرة pyroclastique تقذفها البراكين ، فتتصلب حول البراكين ([2]) وتتكون نتيجة اختلاط الرماد والرمل والماغما المنصهرة ، وللطوف بنية زجاجية نظرا لتبرده السريع ([3]) .

ويمكن تعريفها كما يلي : هي عبارة عن فتات صخري بركاني متماسك تكون نتيجة لتراكم المواد المفتتة المختلفة التي يقذفها البركان في الهواء ، وهي مواد كانت منصهرة ثم اندفعت بشدة من فوهة البركان على شكل رذاذ من الماغما السائلة ، وبردت بسرعة وجمدت على شكل حبيبات أو قطع صخرية دقيقة جدا ومختلفة الأحجام ، إذ تتراوح من الرماد البركاني الناعم إلى الكتل الكروية الصغيرة أو غيــر منتظــمــة الشكل ([4]) ، يعطي الطوف البركاني بنية سماقانية porphyroïde ناتجة عن وجود بلورات كبيرة أو بقايا حجر الخفاف pierre ponce في عجينة أكثر دقة لجزيئات زجاجية تظهر تحت المجهر الضوئي كعناصر متجانسة ([5]) .

---

[1]- محسوب محمد صبري ، المرجع السابق (جيومورفولوجية الأشكال الأرضية) ، ص 15 .
[2]- أبو غانم عبد الله أحمد ، الجيولوجيا العامة الجزء النظري ، الطبعة الأولى ، دار دجلة المعز للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2007 ، ص 18 .
[3]- سطاس محمد راتب ، سعود أنوراوس ، المرجع السابق ، ص 50 .
[4]- الغنيم عبد الله يوسف ، الموسوعة الجيولوجية ، ج 1 ، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، 1998 ، ص 33 ، 34 .
[5]- Albert Carozzi , Edouard Paréjas ; Pétrographie des Roches sédimentaires , Edition du Diffusion dunod ,Paris , 1953, p 73 .

1.1.3 _ أنواع الطوف البركاني :

هناك أنواع كثيرة من الطوف تختلف باختلاف المناطق المتواجدة بها بحيث تدعى نسبة لها مثل : طوف داج شمال حوض ترانسيلفانيا برومانيا ، بالإضافة إلى الاختلاف في البنية والتركيبة الكيميائية ، و تختلف باختلاف حجم القطع الصخرية المكونة لكل نوع فهناك : البريشا البركانية ، المتكتلات الصخرية المكونة من شظايا بركانية مختلفة الأحجام ، وأما من حيث التركيب الكيميائي والمعدني فيختلف باختلاف التركيبة الكيميائية والمعدنية للمواد المنصهرة التي تندفع من فوهات البراكين ، فهناك مثلا : الطوف التراكيتي والريوليتي والأنديزيني ، ويمكن أن تصنف هذه الأنواع حسب نسيجها إلى : الطوف الزجاجي ، البلوري والصخري ([1]) .

1.1.1.3 _ الطوف الزجاجي :

ينتج عن انفجار فقاعات الغازات المحبوسة في الماغما مما يؤدي إلى تناثرها على شكل قطرات دقيقة جدا ، تتجمد مكونة رقائق من مادة زجاجية تحدها أوجه مقعرة تمثل الجدران الداخلية للفقاعات ، وفي بعض الحالات تبقى هذه الفقاعات محبوسة داخل الكتل الكبيرة من المادة الزجاجية كما في جحر الخفاف ، والذي يتميز بخفة وزنه و نسيجه الفقاعي ، وتكون القطع الزجاجية التي يتكون منها الطوف الزجاجي عديمة اللون عادة ، ولكن في بعض الحالات تكون مغلفة بطبقة رقيقة جدا من الماجنيتيت أو البازلت الزجـــاجي ، ويدل الطوف الزجاجي على انفجارات بركانية عنيفة ، ويتواجد عادة على مسافات بعيدة من فوهة البركان ، أما عن تركيبته الصخرية فعادة ما يكون ريوليتي وأحيانا تراكيتي أو أنديزيني ونادرا ما يكون بازلتي ([2]) .

2.1.1.3 _ الطوف البلوري :

هو الطوف الذي يتكون أساسا من الماغما الحاملة لبلورات سبق وأن تكونت قبل ثورة البركان ، ولما اندفعت من فوهة البركان حملت معها هذه البلورات لتتجمع حول البركان مكونة ما يعرف الطوف البلوري ، وعادة ما تكون البلورات مكسوة أو مغلفة

[1]- الغنيم عبد الله يوسف ، المرجع السابق ، ص 34 .
[2]- نفسه ، ص 34 ، 35 .

بمادة زجاجية رقيقة من مادة الماغما ، وفي حالات قليلة تكون البلورات نقية غير مغلفة لأن شدة اندفاع البلورات من البركان واحتكاكها بالهواء الخارجي بسرعة فائقة يزيل عنها مادة الصهير العالقة بها قبل أن تتجمد على سطحها ([1]) .

3.1.1.3 _ الطوف الصخري :

ينتج هذا النوع عن تجمع والتحام الفتات الصخري الناتج عن تحلل وتفتت الصخور المبطنة لقصبة البركان ومن ثم اندفاعها مع الماغما ، ويمكن لهذه الصخور إما أن تكون نارية أو رسوبية أو متحولة أو من الصخور المكسرة التي تكونت من ثورات بركانية سابقة ([2]) .

2.1.3 _ التركيبة الكيميائية و المعدنية :

تختلف التركيبة الكيميائية والمعدنية و تركيزها لصخور الطوف البركاني باختلاف بنيتها و المناطق التي تتواجد بها ومكونات الحمم البركانية ، وتتكون عموما من المعادن الرئيسية التالية : الكوارتز ، الفلدسبات ، بلاجيــوكلاز Plagioclase (أوليجوكلاز Oligoclase ، و حامض الأنديزين Andésine Acide) و أورثوز Orthose و الهورنبلند الأخضر Hornblende Verte و البيوتيت Biotite ، أما المعادن الثانوية فتتمثل في : أباتيت زيركون Apatite Zircone وألانيت Allanite (أورتــيت Ortite) ([3]).

3.1.3_ طريقة تشكله :

تحتوي المواد المصهورة الموجودة بعيدا في الأعماق عادة على كميات كبيرة من الغازات الذائبة في الصهير البركاني نتيجة للضغط الشديد الواقع عليها ، وعندما تندفع المادة المصهورة عبر قصبة البركان فإن الضغط الواقع عليها يصبح منخفضا ، مما يؤدي إلى تمدد الغازات الذائبة وزيادة حجمها وتجمعها على شكل فقاعات كثيرة داخل المواد المنصهرة ، وعندما تتجمد هذه المواد فإن الغازات المحبوسة في هذه الفقاعات يزداد

---

[1]- الغنيم عبد الله يوسف ، المرجع السابق ، ص 35 .

[2]- نفسه ، ص 35 .

[3]- Marza I , Recherches pétrographiques sur le tuf de Dej du Nord du bassin de Transylvanie , Roumanie , 1973, p 5 .

ضغطها فتنفجر بشدة لتحطم الصخر المتجمد وتبعثره على شكل دقائق ناعمة أو قطع صخرية صغيرة لا تلبث أن تتجمع حول البركان وتتماسك مكونة ما يعرف بالطوف البركاني ([1]) .

2.3 _ الطوف الرسوبي :

هو صخر رسوبي كيميائي النشأة ، وهو عبارة عن حجر جيري مسامي إسفنجي البنية ، تكوّن بترسيب الكالسيت من مياه الأنهار والينابيع والبحيرات المشبعة بعنصر الكاليسيوم ، الذي يتحد مع مركب ثاني أكسيد الكربون الأتي من الجو مع مياه الأمطار مشكلة محلول كاربونات الكاليسيوم $CaCO_3$ ([2]) ، ويتركب من السليـكا أحـيانا ([3]) ، كما يحتوي على عدد كبير من بصمات قوالب النباتات والقواقع ([4]) .

1.2.3 _ التركيبة الكيميائية والمعدنية :

تختلف التركيبة الكيميائية والمعدنية لصخور الطوف باختلاف أماكن التشكل والمناطق التي تتكون فيها ، ويتألف الطوف الكلسي من الكالسيت و نادرا من الأراغونيت ، ويتكون معدن الكالسيت من كاربونات الكاليسيوم بحيث يعد المكون الرئيسي لأحجار الجير القديمة ، ويتشكل الكالسيت في أحجار الجير المتصلبة كلاحم متبلور و لامع يدعى : السباريت Sparite ويملأ الفراغات و يحل محل معدن الأراغونيت ، أما هذا الأخير فهو متوفر في كثير من هياكل الطحالب والرخويات والقواقع والحزازيات ، ويتغير الأراغونيت إلى كالسيت بسرعة إما بوساطة السائل أو المحلول أو عن طريق عملية الإحلال وذلك بسبب عدم استقراره ، ولذلك يندر ظهور الأراغونيت في الصخور المتصلبة ، كما يمكن أن يحتوي على كميات من الكوارتز([5]) .

2.2.3_ أنواع الطوف الرسوبي :

---

[1]- الغنيم عبد الله يوسف ، المرجع السابق ، ص 33 .

[2]- مشرف محمد بن عبد الغني عثمان ، أساسيات علم الأرض – الجيولوجيا الفيزيائية ، دار المريخ للنشر ، المملكة العربية السعودية ، 1997 ، ص 261 .

[3]- مجمع اللغة العربية ، معجم الجيولوجيا ، الطبعة الثانية ، الهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية ، 1972 ، ص 418 .

[4]- ليون موريه ، الوجيز في الجيولوجيا ، ترجمة : يوسف الخوري ، عبد الرحمان حميدة ، الطبعة الأولى ، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر ، دمشق ، 1987 ، ص 299 .

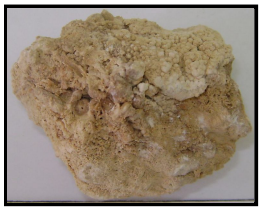
[5]- مشرف محمد عبد الغني عثمان ، أسس علم الرسوبيات ، الطبعة الثانية ، مطابع جامعة الملك سعود ، السعودية ، 1997 ، ص 341 ، 342 .

1.2.2.3 _ الطوف Tuf :

الطوف أو التوف هو عبارة عن رواسب جيرية مسامية أسفنجية الشكل ، تتكون من المواد الجيرية حول حواف بعض الينابيع والعيون المائية و النافورات والينابيع الحـــارة ، كما قد تترسب أحيانا عند بعض جوانب المجاري النهرية التي ترتفع نسبة كاربونات الكاليسيوم في مياهها ، ويعد الطوف مظهرا من مظاهر رواسب المتبخرات ، ويطلق بعض الباحثين عليها مصطلح " اللبيدة الجيرية " ، أي القرارة الجيرية المتلبدة تبعا لتكوين الرواسب الجيرية بعد تعرض مياه الينابيع والبحيرات الحارة للتبخر عند ظهورها على سطح الأرض ([1]) .

تترسب كاربونات الكاليسيوم عادة من المياه فوق المشبعة المتناثرة فوق أوراق النباتات وأغصانها ، وخاصة تلك التي تنمو حول الينابيع والبرك المائية الحارة ، وعند تجمع رواسب كاربونات الكاليسيوم في هذه الحالة الأخيرة يتخذ شكلها العام شكل الأغصان والنباتات التي تجمعت فوق أسطحها ، وتتميز رواسب الطوف بأنها هشة ومفتتة وسهلة المكسر ، وتعد صخور الطوف حديثة التكوين فهي تنتمي غالبا لفترة البلايستوسان والهولوسان ، تشاهد هذه التشكيلات في النافورات الحارة والينابيع لكل من نافورة يلستون بارك Yellowstone park ، ونافورة أولد فياثفول Old faithful وينابيع ماموث الحارة Mammouth hot Springs في الولايات الأمريكية المتحدة ، كما تشاهد أيضا مدرجات الطوف في منطقة الينابيع الحارة بالقرب من بجاية ، وفي الحافات الصخرية في الصحراء الغربية المصرية ([2]) ، وفيما يلي صورتين لعينتين من طوف رسوبي من نوعين مختلفين .

صورة رقم 01 : عينة من الطوف المستعمل في منازل قصبة الجزائر ، من تصوير الطالبة .



صورة رقم 02 : عينة من طوف محجر زقالة بمليانة بعين الدفلة ، من تصوير الطالبة .

[1]- الغنيم عبد الله يوسف ، الموسوعة الجيولوجية ، ج 2 ، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، ص 119 .
[2]- نفسه ، ص 119 .

2.2.2.3 _ الترافرتين Travertin :

صورة رقم 03 : عينة من الترافرتين ، عن www .Google.com/Travertin.

يعرف أحيانا بحجر القطر ، وهو صخر رسوبي كيميائي عضوي النشأة متمثل في الحجر الجيري الكيميائي المضغوط الذي يتشكل عند الينابيع أو في الكهوف أو المغـــارات ، نتيجة لتبخر الماء الغني بمحلول كاربونات الكاليسيوم ، وتشكل صخور الترافرتين أو التقطير ظاهرة بناء الصواعد و النوازل في المغارات ([1]) ، الصورة رقم 03 .

غالبا ما يحتوي الترافرتين على بقايا نباتية محفوظة بتمامها ، ويتألف الحديث منه من معدن الأراغونيت ، أما القديم فيتبلور الأراغونيت مجددا ويتحول إلى كالسيت ([2]) .

يوجد الترافرتين على هيأة حزم متوازية ، ويتميز بمساميته المتوسطة ، ويترسب هذا النوع من الرواسب الجيرية عادة نتيجة لفقدان غاز ثاني أكسيد الكربون من المحاليل الحاملة له ، عندما تندفع هذه المحاليل إلى سطح الأرض حيث يقل الضغط ، وانطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون من هذه المحاليل يقلل من قابلية ذوبان كاربونات الكاليسيوم في الماء ، إذ تتحول من كاربونات كاليسيوم هيدروجينية (قابلة للذوبان في الماء) إلى كاربونات كاليسيوم (شحيحة الذوبان) فتترسب ، ويترسب الترافرتين حول الينابيع الحارة والبرك الصغيرة من المحاليل فوق المشبعة التي تتكون نتيجة لعملية التبخر ، كما يتكون في الكهوف بعد التبخر الكامل لمياه المحاليل المذيبة لكاربونات الكاليسيوم ([3]) .

2.2.2.3 _ الصواعد والنوازل Stalagmites et Stalactites :

هي صخور تتكون على هيأة أعمدة جيرية مخروطية الشكل تتدلى من سقوف الكهوف وتسمى : **النوازل** ، أو ترتفع على أرضيتها وتسمى : **الصواعد** ، وتتكون هذه الأعمدة من كاربونات الكاليسيوم الذي ينتج من تحلل بيكاربونات الكاليسيوم حسب التفاعل التالي : $Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow Ca\,CO_3 + CO_2 + H_2O$ ([4]) .

---

[1]- مشرف محمد بن عبد الغني عثمان ، المرجع السابق (أساسيات علم الأرض) ، ص 262 .
[2]- الخوري يوسف ، المرجع السابق ، ص 227 .
[3]- الغنيم عبد الله يوسف ، ج 2 ، المرجع السابق، ص 29 ، 30 .
[4]- عطا الله ميشيل كامل ، المرجع السابق ، ص 251 ، 252 .

تتكون هذه الرواسب نتيجة لنضوح المياه المشبعة بالبيكاربونات من أسقف الكهوف وجدرانها ، حيث يسقط الماء قطرة بقطرة وبذلك تتعرض قطرات المحلول المتساقطة لفقدان قدر من ثاني أكسيد الكربون الذي ينطلق في جو الكهف ، فتترسب لذلك كمية من كاربونات الكاليسيوم تعادل ما قد تحرر من ثاني أكسيد الكربون ، وبتوالي تقاطر المحلول على هذا النحو تنمو الترسبات الكلسية والتي تكون بشكل بلورات ، تتماسك وتستطيل مع الزمن مشكلة أعمدة أسطوانية مختلفة الأقطار ، تتدلى من السقوف ، أما المواضع التي تسقط عليها القطرات من أرضيات الكهوف فتنشأ منها أعمدة أخرى ترتفع إلى أعلى ، وقد يحدث أن ينمو أحد الصواعد بسرعة فيرتفع في الوقت الذي يستطيل فيه أحد الهوابط مقابله فيلتحمان مكونان عمودا ، تتنوع ألوان هذه الأشكال تبعا لما حملته محاليلها الأصلية من شوائب الأكاسيد المختلطة مع البيكاربونات ، فتارة تكون الإرسابات حمراء اللون قاتمة ، أو صفراء باهتة إن اشتمل المحلول الذي نشأت عنه على أكسيد الحديد ، وتارة أخرى تكون الألوان سوداء داكنة إن وجد بها أكسيد المنغانيز ، أما في بعض الأحيان فتكون الرواسب بيضاء ناصعة إن هي خلت من الأكاسيد ([1]) .

3.2.2.3 _ الطفو tuffeaux :

وهو نوع من الصخور الكلسية الرملية الحوارية مع ميكا وحبات مرو (كوارتز) ، يكون ملاطه مكون من أوبال أو بالاشتراك مع الكالسيدوان ، يعود تكونه للإيوسين يتواجد بكثرة في منطقة توران Touraine بفرنسا ([2]) ، ويكون بلون أبيض أو أصفر فاتح ، كما يدعى أيضا بالصخور الطباشرية الميكاسية craie micacés ، وتكون المسامية الإجمالية لهذا الصخر مرتفعة إذ تتراوح من 40 إلى 50 % ، كما تحتوي على وصلات بين المسام مما يرفع من نفاذيته ، وتتواجد فيه بقايا من أحياء بحرية

[1]- بحيري صلاح الدين ، أشكال الأرض ، الطبعة الثانية ، دار الفكر ، دمشق ، 2001 ، ص 213 .
[2]- ليون موريه ، المرجع السابق ، ص 272 .

وجزيئات حطامية (كوارتز ، ميكا) ، الناتجة من الحت القاري والمجاري المائية ، والجزيئات الحديثة التشكل (سليس) ([1]) .

3.2.3 _ طريقة تشكله :

تتكون هذه الصخور نتيجة للتفاعلات الكيميائية والترسب من محاليل مـــائية بالتبخر ([2]) ، بحيث يمكن لكاربونات الجير أن تذوب في مياه البحر بحسب كميات ثاني أكسيد الكربون ، وتتحول إلى بيكاربونات ويكون انفصال الأنهيدريد الكاربوني ناتجا عن أسباب مختلفة منها : تهيج المياه ونقصان الضغط الجزئي للجو وارتفاع الحرارة ونقصان الضغط الهيدروستاتيكي ، وتعتبر المياه الباردة والعميقة أكثر غنى بالأنهيدريد الكاربوني من المياه الحارة والسطحية وهذا ما يتيح ترسيب كاربونات الجير في البحار الحارة ([3]) ، فعند انخفاض نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في المياه تترسب كاربونات الكاليسيوم وفقا للمعادلة التالية :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2 \quad .$$

وتنخفض نسبة CO_2 في الماء لعدة أسباب ، فهي تنخفض على الأغلب نتيجة ارتفاع الحرارة في مياه البحر والمحيطات أو الأنهار أو الينابيع وهبوط ضغط الماء الراكد ، وهكذا تكون المياه الباردة والعميقة أغنى بثاني أكسيد الكربون من المياه الحـــارة والسطحية ، وللعلم أن الغازات أكثر انحلالا بالبارد مما هي عليه بالساخن ، ولهذا نجد أن تشكل الكلس أكثر شيوعا في المياه الحارة من المياه الباردة ، ويندر أن يكون انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة لهبوط الضغط ، غير أن هذا الحادث يلعب دورا ما في المياه التي تجري في الأعماق داخل الصخور الكلسية ، إذ أن هذه المياه عند رجوعها إلى السطح ترسب كاربونات الكاليسيوم نتيجة هبوط الضغط بالإضافة إلى ارتفاع الحرارة مؤلفة بذلك **صخور الترافرتين** ([4]) ، و يمكن للبيكاربونات بنتيجة تحولات الحرارة

---

[1]- Chéné G , Bastian G et autre , " Vieillissement et accéléré de blocs de Tuffeau en laboratoire sous l'effet de cycles d'imbibitions – séchages " , dans : Matériaux et Construction , Vol 32 , August – Septembre 1999 , P 526 .

[2]- حسن محمد يوسف ، شريف عمر حسين ، باقر عدنان ، المرجع السابق ، ص 108 .

[3]- Albert Carozzi , Edouard Paréjas , Op Cit , p 101 .

[4]- الخوري يوسف ، المرجع السابق ، ص 217 ، 218 .

والضغط أن تتفكك لتعطي كاربونات حيادية قليلة الذوبان والتي تتوضع على شكل كالسيت أو آراغونيت و بهذا تنشأ **الصواعد والنوازل** ([1]) .

4 _ الخصائص الميكانيكية و الفيزيوكيميائية للحجارة :

تساهم معرفة الخصائص الميكانيكية و الفيزيوكيميائية للحجارة من التشخيص السليم لعمليات التلف المختلفة ، وهذا ما يسهل اختيار مواد وطرق مناسبة لعمليات صيانة وترميم الحجارة من دون التأثير عليها بمرور الزمن .

كما يلعب التركيب الكيميائي للمعادن الأساسية المكونة للحجر وكذلك المعادن الإضافية والمواد الرابطة بالإضافة للتركيب البلوري لتلك المعادن دورا بالغ الأهمية في عمليات التلف الداخـــليـــة للأحـــجار ([2]) ، وفيما يلي أهم هذه الخصائص :

1.4 _ التركيبة الطبقية :

بما أن صخور الطوف تنتمي للصخور الرسوبية فهي تتميز بتركيب طبقي في اتجاه معين ، الذي يعبر عن طاقة الوسط الحامل للمواد المرسبة طبقا لمعدلات ميكانيكية أو كيميائية في الفترات الزمنية المختلفة . فإذا كان الترسيب في طبقات أفقية متتالية فإنه سوف يترتب مع تماسك وترابط الحبيبات المعدنية في داخل كل طبقة أشد وأقوى من ترابط حبيبات الطبقة التي تعلوها ، وهذا ناتج عن وجود فواصل زمنية مما يؤدي إلى حدوث تغيير في الخواص الطبيعية والميكانيكية للحجارة مؤديا بدوره إلى حدوث اختلاف في درجة مقاومة الأجزاء المختلفة من الحجارة للمؤثرات الخارجية في كل من الاتجاهين الأفقي و العمودي ، إذ أنه في حالة استعمال حجارة ذات تركيب طبقي رأسي في بناء بشكل عمودي فإنه ستحدث انهيارات أو شقوق رأسية موازية لمستوى الطبقية نتيجة تأثير الأحمال الكبيرة ، بالإضافة إلى إمكانية حدوث تقشرات سطحية تنفصل وتسقط عندما تتعرض هذه الحجارة لتغيرات العوامل الخارجية من رطوبة ودرجـــة حرارة . أما في

[1]- ليون موريه ، المرجع السابق ، ص 299 .
[2]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 82 .

الحالات التي يكون فيها التركيب أفقيا يمكن ملاحظة حدوث تلف محدود يأخذ شكلا متعرجا عند انفصال الطبقات الأفقية ([1]) .

2.4 _ المسامية :

يتكون أي صخر رسوبي في العادة من حبيبات وراسب أرضية matrice ، ومادة لاحمة ، وفراغات des pores ، والحبيبات عبارة عن جسيمات فتاتية والتي تشكل الجزء الأكبر من الرواسب ، وراسب الأرضية عبارة عن حتات أو فتات الصخور التي ترسبت مع الحبيبات ، أما المادة اللاحمة عبارة عن نمو معدن ما بعد انتهاء عملية الترسيب ويتم ذلك في فراغات الرواسب ، لذا تعرّف الفراغات بالثقوب الفارغة والتي لم تشغل بالحبيبات أو مادة الراسب الأرضية أو اللحام ، ولكن يمكن لهذه الفراغات أن تكون مليئة بالغازات كالنتروجين وثاني أكسيد الكربون أو غازات الكاربوهيدرون مثل الميثان ، كما يمكن لهذه الفراغات أن تكون مشغولة بالسوائل مثل الماء و النفط ، أو على الاثنين معا (الغاز والسائل) ، وذلك في حالات متماثلة من الضغط والحرارة .

تعبر المسامية عن النسبة المئوية لحجم الفراغات الموجودة بين حبيبات المادة بالنسبة للحجم الكلي للمادة ، فيمكن للمسامية أن تكون معدومة في بعض الأنواع من الحجارة مثل الصوان ، وضعيفة في الحجارة النارية ([2]) ، أما في عينات الطوف الموجودة في القصبة فتتراوح بين 25 و 35 % .

كما ينبغي التفريق بين المسامية الكلية للصخر وبين مساميته الفعالة أو المؤثرة ، إذ أن هذه الأخيرة عبارة عن كمية الفراغات المتصلة ببعضها البعض والمتوفرة في الصخر ، تعطي المسامية الفعالة خاصية النفاذية للصخر ([3]) .

3.4 _ النفاذية :

يقصد بالنفاذية قياس قدرة الصخر على إمرار الغازات والسوائل (المياه) بين حبيباته ، فعلى سبيل المثال يعتبر حجر الخفاف عالي المسامية غير أنه منخفض للغاية في

[1]- قادوس عزت زكي حامد ، علم الحفائر وفن المتاحف ، مطبعة الحضري ، الإسكندرية ، 2005 ، ص 192 ، 193 .
[2]- مشرف محمد عبد الغني عثمان ، أسس علم الرسوبيات (المرجع السابق) ، ص 52 ، 53 .
[3]- نفسه ، ص 53 .

درجة نفاذيته لأن مسامه غير متصلة مع بعضها البعض ، ونجد أن الحجارة الرملية والجيرية ومن بينها الطوف عالية المسامية والنفاذية ([1]) .

و تعتمد نفاذية الحجر للمحاليل المائية أو العضوية على الكثير من العوامل أهمها : مسامية الحجر وحجم حبيباته والسطح النوعي لهذه الحبيبات والشد السطحي للسائل المستخدم ودرجة لزوجة السائل أو المحلول ، وينبغي معرفة هذه الخاصية بغية إجراء تدخلات فعالة خاصة عند التقوية بالحقن العادي أو تحت الضغط ([2]) .

4.4 _ الذوبان في الماء :

تعتبر معظم الحجارة الموجودة على سطح الكرة الأرضية غير قابلة للذوبان في الماء ، ولكن هناك أنواع من الحجارة قابلة للذوبان في الماء منها الحجارة الكاربوناتية ، بحيث يمكن للتر من ماء البحر في الظروف العادية أن يذيب ما مقداره : 0,19 غ من الصخر الكلسي $Ca\ CO_3$ ، أما المياه العذبة فتذيب ما مقداره من : 0,06 إلى 0,30 غ من الصخر الكلسي ، أما الماء المقطر فيذيب 0,013 غ من الصخر الكلسي ، و الملاحظ أن الصخر الكلسي أقل ذوبانا في الماء المقطر وتزداد الكمية الذائبة بخمسة عشر إلى عشرين ضعفا في المياه العذبة أو مياه البحار وهذا لاحتوائها على غاز الكربون ، ما يجعل المياه أكثر حموضة وترتفع بذلك نسبة الذوبان لأن الصخور الكلسية ومن بينها الطوف تتأثر بالمحاليل الحمضية بشكل أساسي ، ويؤدي هذا إلى تشكل الظواهر الكارستية ومنها : الكهوف الباطنية في المناطق التي تحوي الصخور الجيرية ([3]).

5.4 _ قوة التحمل الميكانيكي :

تعرف هذه الخاصية بأنها مقدرة الحجر على مقاومة الأحمال أو الضغوط الموجهة قبل أن تتهشم أو تتفتت إلى حبيبات وتقدر بعدد الكيلوغرامات على السنتيمتر المربع ، وفي هذا الصدد نجد أن الصخور النارية وبعض الصخور المتحولة تتميز بمقدرة كبيرة على مقاومة هذه الإجهادات نظرا لتركيبها الحبيبي المتداخل ، أما الصخور الرسوبية فتعد

[1]- محسوب محمد صبري ، مبادئ الجغرافية .... (المرجع السابق) ، ص 316 ، 317 .
[2]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 83 .
[3]- André Cailleux , Op cit , p68 .

قوة تحملها الميكانيكية منخفضة خاصة في الصخور الطفلية والحجر الرملي الخشن ، وهذا لا يعني أن هذه الصخور غير قادرة على تحمل الضغوط أو الأحمال العالية إذ نجد أنواعا ذات حبيبات دقيقة جدا وقوية الترابط .

أما فيما يخص مقاومة الصدمات والاهتزازات فكلما زادت صلابة وقوة تحمل الأحجار للضغوط الموجهة والأحمال كلما قلت مقاومتها للصدمات والاهتزازات ، في حين أن المسام والمواد الرابطة في حالة الصخور الرسوبية تساعد كثيرا على امتصاص الصدمات ومن ثم تزيد مدى تحمل الحجر لتأثيراتها ([1]) .

6.4 _ التوصيل الحراري :

تعتبر الحجارة من المواد غير جيدة التوصيل الحراري ، ففي حالة الآثار الثابتة والمعرضة لأشعة الشمس المباشرة فإن سطوحها الخارجية تختزن طاقة حرارية كبيرة حسب طبيعة الأحجار المستخدمة في البناء ، وعلى مدار اليوم يكون جزء من حرارة السطح قد تسرب و ببطء إلى الداخل عن طريق الفراغات بين الحبيبات والمملوء بالهـــواء ، في حين يكون قد انقطع المصدر الحراري عن السطح الخارجي والذي يفقد باحتكاكه بالهواء البارد وعند انخفاض درجة الحرارة ليلا يكون أبرد من السطح الداخـــلي ([2]) .

7.4 _ التمدد الحراري :

تتمدد الصخور كمعظم المواد بارتفاع درجة الحرارة وتتقلص بانخفاضها ، ويعتبر هذا التمدد غير ظاهرا للعيان بحيث يكون بأبعاد صغيرة جدا ، ولكن يمكن إثباته بالوزن إذ أن الزيادة في الحجم تكون مصحوبة بالزيادة في الكتلة ([3]) ، وتكون هذه الخاصية أكثر أهمية بالنسبة للصخور النارية والمتحولة ، حيث يتضح الفرق الكبير بين درجات الحرارة في الليل والنهار في الصيف ، إذ تصل إلى معدلات عالية في المناطق الصحراوية مما يتسبب في تمدد المعادن المختلفة المكونة للسطح الخارجي بينما تكون الأجزاء الداخلية باردة في الليل ، وعندما تنخفض درجات الحرارة تتقلص المعادن في السطح الخارجي

[1]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 195 ، 196 .
[2]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 85 .
[3]- André Cailleux , Op Cit , p93.

للصخور بينما تكون المعادن في الأجزاء الداخلية في حالة تمدد ، ويؤدي هذا الاختلاف في معدلات التمدد والتقلص إلى تفتت الصخور وتشققها وتساقط حبيباتها ([1]) .

8.4 _ الصلابة :

إن معرفة مدى صلابة المواد المستخدمة في المباني الأثرية يفيد ليس فقط في التعرف عليها ولكنه يفيد أيضا عند ترميمها ، خاصة في عمليات الترميم التي تتطلب استخدام معادن رابطة أو مواد لاصقة ، إذ يجب من الضروري أن تتناسب صلابة المادة اللاصقة مع المادة المراد لصقها وإلا حدث انفصام بينها ([2]) ، أما حجارة الطوف فهي من الحجارة اللينة التي لا تتجاوز صلابتها الثلاث درجات على سلم " موس " لقياس الصلابة .

5 _ استعمالات حجارة الطوف :

للحجارة عامة استعمالات عديدة بالإضافة إلى استعمالها كمصدر أساسي في مجالات البناء ، وحجارة الطوف كغيرها من أنواع الحجارة استعملت في تشييد المباني سواء كحجارة كبيرة منحوتة تستخدم في أعمدة و أساسات المباني أو في بناء الجدران وأطر الأبواب و النوافذ ، أو كدبش (moellon) وهو عبارة عن حجارة غير منتظمة الشكل تستعمل أيضا في الجدران مع ملاط ، ويمكن أن تكون منحوتة بشكل متوازي المستطيلات أو مكعبة بمقاسات صغيرة مقاربة لمقاسات الأجر تستعمل معه لبنـــاء الجدران ، كما يتم سحق حجارة الطوف واستعمالها كملاط مع الجير و الرمل حتى يكون التجانس كبيرا بين الحجر و الملاط .

وتعتبر حجارة الطوف من الحجارة الكلسية ولهذا فهي مصدر مهم لصناعة الجير كما تتدخل في صناعة الإسمنت ، بحيث يمكن وضع الحجر الكلسي (الطوف) في فرن حرارته مابين 600°م و 800°م للحصول على الجير الدهني chaux grasse إذا كانت نسبة الطين أقل من 5 % ، أما إذا كانت النسبة ما بين 5 و 20 % فيتم الحصول على الجير المائي chaux hydraulique الذي يتصلب بالماء ، وفي درجة حرارة 1400°م

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 85 .
[2]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 191 .

ينتج الإسمنت البورتلاندي ciment portland ([1]) ، كما يمكن استعمالها في الصناعات الصلبة وتكرير السكـــر ولأغراض زراعيـــة عديـــدة (كمعادلة التربة الحمضية وصناعة الأسمدة الكيميائية) بحكم أنها من الحجارة الرسوبية الكلسية ([2]) .

6 _ محاجر الطوف :

تتوفر الجزائر على مناطق عديدة بها حجارة الطوف الرسوبية ومنها : منطقة الجزائر العاصمة في كل من رويسو و واد الكنيس في القبة والأبيار ([3]) ، وهي المناطق التي استخدمها سكان القصبة في بناء منازلهم ، كما توجد محاجر حديثة الاستعمال في كل من زموري بولاية بومرداس شرق الجزائر العاصمة ، وفي زقالة بمليانة بولاية عين الدفلة .

[1]- Pomerol C, Fouet R , Les roches sédimentaires , presses universitaires de France , Parais , 1953 , p112

[2]- صفي الدين محمد ، المرجع السابق ، ص 82 .

[3]- René Lespès , Alger : étude de géographie et d'histoire urbaines , Librairie félix Alcan , Paris , 18, p 55 .

II _ الطلاء :

1 _ تعريف الطلاء :

هو عبارة عن دقائق ناعمة غير شفافة معلقة في سائل حامل (مُعلق) ، يكون كثيفا أو خفيفا ويجف بسرعة مقبولة ، ويكون العمل الرئيسي للدقائق المعلقة هو تغطية وإخفاء وتجميل السطح المطلي ، أما السائل الحامل فهو عادة يوفر الغشاء الواقي والرابط بين الدقائق والسطح ([1])، وذلك بتشكيل غشاء مقاوما للانحلال و التآكل أو تأثير الرطوبة والماء والعوامل الخارجية الأخرى ([2]) .

2 _ مكونات الطلاء :

يتكون الطلاء عادة من مكونات رئيسية تتمثل في : الرابط أو الحامل Liant ، المذيب Solvant ، المخففات ، المجففات ، الصباغ Pigment ، ومكونات ثانوية تتمثل في المواد المضافة Additifs والتي تختلف حسب نوع الطلاء والغرض المستعمل من أجله .

1.2 _ الرابط أو الحامل :

والذي يكون عادة إما غراء أو راتينجا أو زيوتا مجففة والتي تتصلب بملامسة الهواء ما يسرع من تجفيف الطلاء ، وقد استعملت الزيوت النباتية كرابط في بادئ الأمر وأقدمها هو زيت بذرة الكتان بالإضافة إلى استخدام كل من زيت الصويا والخروع وزيوت بعض الأسماك ، كما تستعمل أيضا الراتينجات وهي عبارة عن مكونات صـــناعية ([3]) .

2.2 _ المذيب :

وهو عبارة عن مادة تسمح بتمييع liquéfier الرابط ، يتبخر المذيب في الجو مما يسمح للطلاء بالتصلب عند وضعه ، وعن أهم المذيبات فهي غالبا ما تكون من الكحول أو البنزين أو الأستر أو الأسيتون أو الهيدروكاربور Hydrocarbures ، كما يمكن

---

[1]- شعبان كاظم خضير ، الكيمياء الصناعية ، ط 1 ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ، الأردن ، 2000 ، ص 49 .
[2]- جلال بشير سرسم ، سعيد عبد العالي ، الموارد الإنشائية ، ط 1 ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2006 ، ص 215 .
[3]- نفسه ، ص 215 .

استعمال الماء كمذيب أو معلق في الطلاءات الفنيلية Vinylique والأكريليكية Acrylique والألكيدية Alkyde ، و يجب أن تمزج بكميات قليلة لأن زيادة تركيزها تؤدي إلى التسمم ، بالإضافة إلى الاستعمال الحذر لهذه المواد لأن أغلبها مواد قابلة للاشتعال([1]) .

3.2 _ المخففات Diluants :

تستعمل المخففات لتقليل لزوجة زيوت التجفيف وزيادة تغلغل الحامل ، وزيادة قابلية ذوبان مواد معدنية يرغب بإضافتها في الحامل ، أقدم المخففات وأوسعها انتشارا في الطلاءات الزيتية هي التربنتين Térébenthine ومصدر هذه المادة هي أشجار الصنوبر ، كما يستعمل أيضا وايت سبريت White Spirite وبعض الزيوت النفطية ، وتميل هذه المركبات لامتصاص الأوكسجين والتبلمر مكونة غشاء واقيا ([2]) .

4.2 _ المجففات Siccatifs :

هي عوامل مساعدة في عملية التجفيف بمعنى مواد قادرة على امتصاص الأوكسجين ، وعادة ما تكون تنتمي إلى : الصابونيات المعدنية أو راتينجية ، أملاح الكوبالت و المنغانيز و الرصاص والفاناديوم ، ويعتبر جفاف هذه الأخيرة أسرع بمقدار 2.5 مرة من مجففات المنغانيز وخمس مرات من مركبات الرصاص ، ويتم استعمال مقادير صغيرة جدا من هذه المركبات 0.2 % بالنسبة للرصاص و من 0.1 _0.05 % بالنسبة للفاناديوم والكوبالت ، وعند استعمال كميات كبيرة من المجفف تجعل الطلاء يميل إلى لتكوين أغشية صلبة و براقة ، وتتفاعل صبغة أوكسيد الرصاص مع زيت الطلاء لتعطي صابونيات الرصاص التي تسرع من عملية تجفيف الغشاء ([3]) .

---

[1]- Grandou Pierre , Pastour Paul , Peintures et Vernis : les constituants ; liants , solvants , plastifiants , pigments , colorants , charges , adjuvants, Hermann édition , France , 1966 , p p 647 – 648 .

[2]- شعبان كاظم خضير ، المرجع السابق ، ص 56، 57 .

[3]- نفسه ، 59 .

5.2 _ الأصبغة :

هي عبارة عن مواد ملونة في شكل مسحوق لا تذوب لا في الرابط ولا في المذيبات ، وتشكل مع الرابط غشاء واقيا أو نصف شفاف ([1]) ، والعمل الرئيسي للصبغة في الطلاء هو إعطاء لون وعتمة في غشاء الطلاء ، ويؤثر كل من التركيب الكيميائي للصبغة والتوزيع الحجمي لها و معامل الانكسار ونسبة الصبغة إلى الحامل على خواص الطلاء ، أما عن الصفات الأساسية للصبغة فتتمثل في اللون ، قدرة الإخفاء ، امتصاص الزيت ، خواص الانسيابية والسلوك الكيميائي ، وقد كانت الأصبغة المستعملة في الطلاءات الزيتية مكونة أساسا من أتربة ملونة أو معادن ثم توسعت لتشمل أصبغة غير عضوية صناعية ([2]) ويمكن لبعض المواد أن تعطي الألوان عقب طهيها مثل المواد المستعملة في طلاء الخزف مثلا : أسود الكوبالت يعطي لونا أزرقا كثيفا في حين يعطي الأكسيد الأسود من المنغانيز اللون البنفسجي ([3]) .

6.2 _ المواد المضافة Additifs :

عبارة عن مواد مختلفة تضاف للطلاء للحصول على خواص معينة ، وتتمثل في : المقومات Charges والتي تكون إما من التالك أو الرخام أو السليس أو كاربونات الجير والكالسيت ، وتكون لها قدرة ضعيفة على التلوين والتعتيم في الطلاء مع إعطائـــه نسيـــجا ([4]) ، بالإضافة إلى إمكانية استعمال مذيبات ثانوية ومجففات والتي تسهل من تصلب الزيوت أو استخدام مليئات Plastifiants والتي تحسن من طراوة وليونة الطلاء ، تعطي هذه المواد المضافة النسيج المعتم ، البراق أو القصديري ، وتعمل على التقليل من وقت الجفاف وتزيد القدرة على الإخفاء ، وتساعد في حفظ الطلاء داخل الوعاء وتلعب دور مانع للتقطير عند الاستعمال بالفرشاة ([5]) ، كما يمكننا إضافة مواد أخرى حسب الطلب كمضادات الفطريات والبكتيريا ، وعوامل مضادة لتشكل القشور .

1- Vittone René , Bâtir : Manuel de la construction , Presse polytechniques et universitaires Romandes , 1er éd , Lausanne , 1996 , p 809 .

2- شعبان كاظم خضير ، المرجع السابق ، ص 59 ،60 .

3- Delamare François , Guineau Bernard , Les matériaux de la couleur , Imprimé par I.M.E , France , 1999, P 63.

4- Grandou Pierre , Pastour Paul ,Op Cit , p 853 .

5- Vittone René , Op Cit , p 809 .

3 _ أنواع الطلاء :

تختلف وتتعدد أنواع الطلاءات المستعملة باختلاف المواد والغرض المستعملة من أجله ، وعن أهم الأنواع والأكثرها انتشارا نجد كل من :

1.3 _ الطلاء الجيري :

هو من أقدم الطلاءات المستعملة وأوسعها انتشارا، وهو عبارة عن معلق suspension من الجير المطفئ chaux éteinte في الماء والذي يتصلب عند اتصاله بالجو بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون (عملية التكربن carbonatation) ، ومن خصائصه أنه ضعيف الحماية وشديد النفاذية للغازات ، ويتدهور بالعوامل الجوية ، ويتفتت بسهولة ([1]) ، ولهذا ينصح بإعادته دوريا .

2.3 _ الطلاءات الزيتية :

وهي الطلاءات التي يكون رابطها زيتي : بالخصوص زيت بذرة الكتان أو بعض الزيوت الأخرى ، ويتم جفاف هذا النوع من الطلاء بالتأكسد البطيء عند ملامسته للجو، وتضاف له مادة باسطة لمنع الترسيب وكذلك لتسهيل انتشار الطلاء ، ويعطي غشاء نصف شفاف ([2]) .

3.3 _ الطلاءات المائية :

وتشمل مجموعة متعددة من الطلاءات التي يضاف إليها الماء في الموقع وتعطي في النهاية سطحا غير لامع عادة ، ومنها ما هو مكون من زيوت مجففة أو سائل أو ورنيش مستحلب بالماء مع كمية من الصمغ أو المثبتات الأخرى ، ويستعمل البارايت مع بعض أنواع من الأصبغة الملونة ، وتتكون بعض الأنواع من الطلاء من سائل صمغي فقط مع مسحوق الطباشير و صباغ ، إلا أن هذا النوع من الصمغ هو أقل ثباتا من الأنواع حيث يمكن إزالة قسم منه عند الحك بفرشاة قوية أو بالغسل بالماء ، لذا يستخدم في الاستعمال الداخلي .

---

[1]- Vittone René , Op Cit , p 810 .

[2]- شعبان كاظم خضير ، المرجع السابق ، ص 49 ، 50 .

أما الطلاءات المائية بأساس دهني هي ذات مقاومة أعلى نوعا ما ، وتتركب من زيت بذرة الكتان وصباغ ملون ومادة باسطة وتستخدم للاستعمال الداخلي ، وتتميز بقلة مقاومتها للماء ([1]) .

4.3 _ الطلاءات المستحلبة Emulsions :

يحتوي هذا النوع من الطلاء مواد مختلفة ، بحيث يكون رابطها مشتت في شكل جزيئات جد دقيقة ، أو مستحلبة في الماء الذي يكون مذيبه الوحيد ، ويكون استقرار المستحلب راجع لبعض المواد المضافة والتي تدعى شبه غراء واقي - Colloïde protecteur ، والتي هي غالبا عبارة عن غراء يذوب في الماء أو في المحاليل ذات أساس قلوي مثل : الصمغ العربي ، ألجينات Alginate ، كازيين Caséine ، غراء الجلود ، وغراء أميلاسي Amylacée ، وغراءات مشتقة من السليلوز Dérives de la Cellulose ، ويمكننا أن نجد إما مستحلب من الماء في الرابط أو رابط في ماء ، وبحسب المواد يمكننا أن نفرق بين الطلاءات المستحلبة بالزيوت المجففة أو بالراتينجات الألكيدية بالخصوص الغليسيروفتاليك Glycérophtalique ، أو بأسيتات البوليفنيل ACP والأكثر حداثة الراتينجات الأكريليكية Résines Acryliques ، وتتميز جميع هذه الطلاءات بسهولة استعمالها على جميع المواد بخلاف المعدن غير المحمي ، ولا ترتبط نوعية هذه الطلاءات بطبيعة الراتنج فقط وإنما يتعدى ذلك إلى نسبتها في التركـــيبة ، تتميز هذه الأنواع بجفافها السريع (أقل من نصف ساعة) وأنها عديمة الرائحة وسهولة تنظيفها ([2]) .

5.3 _ الورنيش أو البرنيق Vernis :

هو عبارة عن مادة مشتملة على ذوبان مادة غروية بلاستيكية مثل الغراء والراتينج الطبيعي أو الصناعي ، أو جميع المواد الأخرى الغروية الهيوفيل Hyophile ، ويمكن أن يكون البرنيق ذا رابط زيتي أو برابط سائل مثل الكحول والمذيبات العضوية ، أو من

---

[1]- جلال بشير سرسم ، سعيد عبد العالي ، المرجع السابق ، ص 216 .

[2]- Grandou Pierre , Pastour Paul , Peintures et Vernis : Techniques et industrie , Hermann édition , France , 1966 , p139 .

الماء بقاعدة من الغراء و الكازيين ([1]) ، و يتميز البرنيق بشفافيته ويعطي غشاء واقيا للسطح المطلي ، و هناك نوعين من البرنيق : ورنيش زيتي و ورنيش كحولي .

1.5.3 _ الورنيش الزيتي :

ويتكون من زيت بذر الكتان أو غيره من الزيوت الجافة ممزوجا براتنج طبيعي أو صناعي ومذيبات ككحول وايت سبريت أو التربنتين مع مجفف ، ويكون جفاف هذا الورنيش عن طريق تبخر المذيب و تأكسد الزيت ، وتؤدي زيادة نسبة الزيت المجفف إلى جعل الطلاء أكثر مرونة ، أما الزيادة في نسبة المذيب تؤدي إلى الجفاف السريع للطلاء وإعطائه لمعانا عاليا ، ومن الأنواع الجيدة من الورنيش الزيتي تلك الأنواع التي يستعمل فيها الكوبال copal وهو عبارة عن صمغ راتنجي صلب ، ويعطي هذا المزيج طلاء ثابتا مانعا لنفوذ الماء ([2]) .

2.5.3 _ الورنيش الكحولي :

هو عبارة عن محاليل من الأصماغ الراتنجية مذابة في كحول مثيلي تجاري أو غيره من المذيبات الخفيفة كالبنزول ([3]) .

6.3 _ الطلاءات التمييعية Thixotropes :

يكون هذا الطلاء في شكل هلام أقل أو أكثر صلابة ولا ينساب إلا عند إثارته ، ويضم هذا الطلاء المحاسن التالية : عدم وجود ترسب أو تصفية عند التخزين ، كما أنه يبقى جاهزا للاستعمال ولا يحتاج لأي تحضير مسبق ، له مظهر جيد عند الاستعمال حتى في حالة المواد المسامية وهذا راجع لعدم إمكانيته على النفاذ داخل المسام ، كما يمكن استخدام طبقة رقيقة من طلاء عادي عليها ، وبالرغم من هذه المحاسن هناك مساوئ أيضا أهمها : التصاقه الضعيف على الأسطح المسامية ، بالإضافة إلى عدم انتظام سمك الغشاء عند استعماله من طرف قليلي الخبرة ([4]) .

---

[1]- Rudel Jean , Technique de la peinture , Dans : Que sais – je , 13èmes édition , Presse universitaire de France , France , 1999 , p 75 .

[2]- جلال بشير سرسم ، سعيد عبد العالي ، المرجع السابق ، ص 217 .

[3]- نفسه ، ص 218 .

[4]- Grandou Pierre , Pastour Paul ,Op Cit (Techniques…) , p 140 .

7.3 _ الطلاءات المضادة للماء :

تعتمد هذه الطلاءات على حوامل من المطاط أو الراتنجات الصناعية والسليكونات العديمة اللون ، ما يجعل المواد المدهونة بهذا النوع من الطلاء مضادة للماء في الحالة السائلة مع إمكانية نفوذه إلى داخل المادة في الحالة الغازية كالبخار مثلا ، وهذا ما قد يقلل من التلف الناتج عن تجمد السوائل وذوبانها المتعاقب ، وقد تم استعمال خواص السليكونات المضادة للرطوبة قديما في تحضير المواد المانعة لتكون الجليد ، بحيث أنه وفي حالة تكون الجليد لا يلتصق بثبات مع الأسطح المطلية بهذا النوع من الطلاء ، ويحتوي هذا الطلاء على : 10 % نتروسليلوز ، 5 % ملين ، 20 % راتنج ألكيد زيتي محسن ، 1.5 % راتنج أسيتات الفنيل و 1.5 % سليكون و أية كميات صغيرة من شمع المايكروكريستالين في مذيب مناسب ([1]) ، وتختلف مدة الفعالية بحسب الراتنج المستعمل ولكنها لا تتجاوز في الغالب بضع سنين وقد تنخفض لبضعة أشهر ، ويتم استخدامها على المواد المسامية للتقليل من نسبة نفاذ السوائل إليها ([2]) .

4 _ استعمالات الطلاء :

تم استعمال الطلاء منذ القدم في الحضارات القديمة كفن تصويري ديني أو في تزيين الجدران ([3]) .

وقد استخدم الطلاء في مجالات وميادين مختلفة أهمها مجال تزين البيوت و الرســـم ، إذ تستعمل مباشرة على الأساس المراد دهنه كالحجارة مثلا أو باستعمال طبقة تحتية كملاط جيري أو من الجص ونجده خاصة في الرسومات الجدارية الجصية ، التي يتم عملها بالطريقة الموالية : حيث يتم وضع الجص مباشرة على الأساس الحجري أو الجدار ، ويمكن أن تكون الطبقة ذات سطح خشن (مزخرف برسومات غائرة) أو مستوي ، التي توضع عليها المواد الصبغية (الطلاء) إما على الجص المبلل وتدعى الفريسكو ، أو على الجص الجاف المسمى سيكو التي يتم إلصاقها باستعمال المواد

[1] - شعبان كاظم خضير ، المرجع السابق ، ص 84 .
[2] - Grandou Pierre , Pastour Paul ,Op Cit , p 141 .
[3] - Rudel Jean , Op Cit , p 9 .

اللاصقة الشفافة مثل : البيض ، العسل أو الجيلاتين ، أو عن طريق استخدام ماء الجير ، ويتم الحصول على دهان واضح وثابت على الجير عن طريق وضع الصبغة على الجص وهو لا يزال مبتلا ، بحيث يندمج اللون في بلورات الجير أثناء تكونها عندما يستقر الجص ([1]) .

وفي العصر الحديث هناك استعمالات كثيرة ومتنوعة للطلاء ، حيث يستعمل في طلاء البيوت بشكل رئيسي إضافة إلى طلاء المعادن بطلاءات عازلة للمياه وهذا لتفادي تأكسدها وتآكلها ، زيادة على استخدامه على الأخشاب في المصنوعات الخشبية والتي عادة ما تطلى بالورنيشات ، كما يستعمل على الزجاج والخزف أو الفخار وتدعى المينا .

كما هناك طلاءات تستعمل على المعادن لمنع تأكسدها والتي تستعمل خاصة في مجال صناعة السفن ، حيث يتم غالبا طلاء هياكل السفن والبواخر بطلاء يحوي على صباغ من النحاس أو القصدير والتي ترفع من سمومية الطلاء الذي يمنع الأصداف من التثبت على الهيكل الخارجي للسفن ([2]) .

أما الطلاءات المستعملة في المباني فيتم عملها بواسطة الفرشاة أو بالرش بواسطة جهاز خاص ، الذي يقوم بتحويل السائل إلى ذرات تلتصق على الجدار بالكثافة المطلـــوبة ، وهناك تقنيات حديثة كثيرة ومتنوعة حيث يمكن مزج الطلاء مع مساحيق أخرى كالرخام مثلا للحصول على سطح خشن ومزخرف .

5 _ دور الطلاء :

يستعمل الطلاء لغرضين رئيسيين إما للتزيين أو للحماية أو للغرضين معا ، ويكون دوره التزييني واضحا كما يستعمل بغرض الحماية من الرطوبة أو التلوث حيث يكون عبارة عن طبقة مؤقتـــة – تضحية –إذ أنها بمرور الزمن تفقد فعاليتها في الحماية لهذا ينبغي استبدالها بعد مدة محددة ، وتعمل هذه الطبقة على حماية المبنى من نفاذ مياه الأمطار ولكنها لا تستطيع فعل شيء أمام المياه المتصعدة من الأرض عن طريق الخاصية الشعرية ، والمياه المتكاثفة ، كما تقف هذه الطبقة حائلا أمام تبخر المياه

[1] - كرونين ، روبنسون ، أساسيات ترميم الآثار ، جامعة الملك سعود للمطابع والنشر ، السعودية ، 2006 ، ص 170 .

[2] - Delamare François , Guineau Bernard , Les matériaux de la couleur , Imprimé par I.M.E , France , 1999, P 123 .

الموجودة في الحجر ، بحيث أن باستعمال هذه الطريقة يبقى سند البناء محميا باعتبارها غير نافذة ، ويمكن إزالتها إذا دعت الحاجة ، وبفضلها أقصيت المشاكل الناتجة عن التشبيع العميق للحجر بمادة مقوية غير عضوية ، أو بتطبيق العلاج السطحي بمادة تمنع الرطوبة والتي غالبا ما تكون باهظة الثمن ([1]) .

6 _ عوامل تلف الطلاء :

يتعرض الطلاء خلال استعماله إلى عوامل ميكانيكية وفيزيائية وكيميائية مختلفة ، والتي تتسبب في تلف وتدهور الطلاء وتغيير خواصه الأولية ، حيث تعد عملية التلف ظاهرة حتمية تقود إلى التدهور التام ، وهناك عوامل كثيرة تتسبب في التلف أهمها : نوع الطلاء في حد ذاته تغيرات الحرارة والرطوبة والأملاح إضافة إلى الأشعة الضوئية المرئية و غير المرئية زيادة على المذيبات ، والكائنات الحية .

1.6 _ نوعية الطلاء :

هناك أنواع كثيرة من الطلاء حيث يستعمل كل طلاء لغرض معين ، وهناك طلاءات خاصة بالاستعمال الخارجي والتي تكون أكثر مقاومة للعوامل الطبيعية كالأمطار والتلوث والحرارة ، و أخرى مقتصرة على الاستعمال الداخلي حيث يكون هذا الوسط أقل تحريضا على التلف ، وفي حالة الخلط بين هذين النوعين لا يمكننا الحصول على الحماية المطلوبة ، كما هناك أنواع تتأثر بسهولة بالمياه والتي لا ينصح باستعمالها في الأماكن التي تكثر بها الرطوبة ([2]) .

2.6 _ الماء :

يعتبر الماء من أكثر العوامل المتسببة في تلف الطلاء ، حيث تعتبر جميع المواد الرابطة المستعملة حساسة للماء بنسب مختلفة قد تكون كبيرة أو صغيرة ،هذا من دون التكلم على المواد التي تذوب في الماء حتى بعد التصلب ومنها المواد العضوية التي تتميه بالماء ومن بينها الأستر ، ومن الآثار التي تنتج عن تعرض الطلاءات غير المقاومة للماء

1- Torraca G , " Philosophie générale de la conservation " , Dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO , Venise , P p 201 – 203 .

2- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P 419 .

فقدان الالتصاق ، حيث ترتفع نسبة الامتصاص ويزداد حجم الطلاء مما يؤدي إلى تغير في خصائص المقاومة الكيميائية والميكانيكية ، وفي الحالة التي يكون فيها الطلاء أقل تعرضا للانتفاخ وتشكل الفقاعات يمكن للماء أن يجتاز الطلاء بظاهرة الأسموزية ويصل إلى الأساس ، وهذا ما يؤدي إلى تشكل التقببات في الطلاء ثم انفصاله فيما بعد ، وتعتبر مياه البحار المحملة بأيونات الصوديوم والكلور أشد خطرا وتدميرا للطلاءات الحساسة لها ، حيث يمكنها تصبين الزيوت المجففة الموجودة في الطلاء بواسطة شوارد الصوديوم ، مما يؤدي إلى تشكل الصابون والذي يحدث انقطاع السلاسل الجزيئية ومن ثمة التدهور التدريجي للغشاء ([1]) ، كما تؤدي مياه الأمطار لتلف كيميائي وميكانيكي حيث تتسبب الأمطار الضاربة في تعرية تدريجية للطلاء عن طريق أنهيدريت الكربون الذائب في مياه الأمطار مما يحوله إلى حمض ضعيف قادر على إذابة الكالسيت ، وبتوالي هذه العملية يمكن أن يتم فقد أجزاء من المادة ، أما المياه المنتقلة بالخاصية الشعرية في الجدران والمواد الحجرية من الداخل إلى الخارج فيمكن أن تحدث انتفاخات تنفصل فيما بعد مع أجزاء من الطلاء ، وهذا ما يؤدي إلى ظهور فجوات أكثر أو أقل خطورة ([2]) .

وبهذا تعتبر جميع أنواع الطلاء سامحة بنفوذ بخار الماء والتي تتسبب فيها العوامل التالية :

1.2.6 _ سمك الطلاء :

له دور أساسي حيث يعتبر البعض أن النفاذية تتناسب عكسيا مع السمك ، والأنسب أن الحماية تكون كافية ابتداء من أقل سمك ممكن ثم ترتفع بارتفاع السمك .

2.2.6 _ المذيب المستعمل في الطلاء :

من المهم معرفة أن خواص الغشاء وبالخصوص نفاذيته للماء تكون بحسب طبيعة المذيبات المستعملة ، فكلما كانت أثقل كانت أحسن .

1- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P 419 .

2- Napoleone Lucina , " Enduits peints et image de la ville , la récupération des façades peintes de Gênes " , Dans : Couleur et temps la couleur en conservation et restauration , 12es journées d'études de la SFIIC , Paris , 22 – 23 juin 2006 , P p 322 – 323 .

3.2.6 _ الأصباغ :

تلعب الأصبغة دورا في زيادة أو خفض نفاذية الماء ، بحيث تختلف بحسب طبيعة وكثافة الأصبغة المستعملة ([1]) .

3.6 _ المذيبات :

يشبه فعل المذيبات على الطلاء فعل الماء غير أن ظاهرة الذوبان أو التحلل تأخذ بعدا أكبر ، بحيث تحدث إما ذوبان تدريجي للطلاء أو تجميده أو تشكل انتفاخات أو تؤدي إلى الانفصال ، وتعتبر الطلاءات ذات قاعدة راتنجية من الغليسيروفتاليك أكثر مقاومة على المدى القصير ، و يفضل استعمال المذيبات البترولية أو العطرية العليا ([2]) .

4.6 _ المواد الكيميائية :

تحدث هذه المواد تأثيرات غير رجعية على الطلاء حيث تؤدي إلى تغيرات دائمة على المظهر والخصائص الميكانيكية ، وتؤدي الأحماض العضوية والمعدنية والأسس والأملاح والمنظفات إلى تلف كبير على الطلاء فتعمل على تحليله .

ويكون الفعل أشد إذا ما هوجم الطلاء بواسطة نوعين من الأحماض : حمض الأسيتيك الذي يتفاعل كحمض ومذيب في آن واحد ، إضافة إلى أحماض الأكاسيد مثل حامض الكبريتيك وحامض النيتريك ، وينخفض أثر هذه المواد في حالة مقاومة الطلاء للتأكسد أو أن يكون ذا نشاط تفاعلي ضعيف .

أما تأثير الأسس مثل : الصودا والبوتاس والمغنيسيوم والأملاح ذات التفاعلات القاعدية مثل كاربونات الصوديوم يكون على أنواع الطلاء التي بها روابط قابلة للتصبن ، كتلك التي تحتوي على الزيوت وراتينجات الغليسيروفتاليك ([3]) .

5.6 _ الأشعة الضوئية :

للأشعة الضوئية المرئية أو غير المرئية تأثير لا يمكن إهماله على الطلاء وبشكل أدق على الصباغ والرابط خاصة إذا كان من الراتينجات الإبوكسيدية والأكريليكية ،

1- Grandou P , Pastour P , Peinture et vernies : Technique et industrie (Op Cit) , P p 419 – 421 .

2- Idem , P 421 .

3- Ibidem , P 422 .

حيث تتسبب الأشعة فوق البنفسجية في اصفرار الطلاء وفقدان البريق واللمعان زيادة على تغير الألوان الداكنة إلى الفاتحة ([1]) ، كما يعتبر الضوء كعامل محفز لتفاعلات الأكسدة الضوئية مثله مثل الحرارة ، حيث يتم أكسدة المركبات العضوية الموجودة في الطلاء بوجود الأكسجين خاصة على مستوى روابط الكربون والهيدروجين باعتبارها روابط ضعيفة ، وعلى مستوى ذرة الكربون الثلاثية بمعني التي لا يمكنها الارتباط سوى مع ذرات الهيدروجين مثلا تأكسد البولي إثيلان القليل الكثافة إلى بولي بروبيلان ([2]) .

6.6 _ تغيرات درجة الحرارة :

تعد درجة الحرارة عاملا مهما في تلف وتقادم الطلاء وهي مضاعفة التأثير ، حيث يؤدي الارتفاع في درجات الحرارة عموما إلى التصلب وفقدان الليونة ، ما يجعل الطلاء أقل مقاومة للتحريضات الميكانيكية وإن كانت ضعيفة ، أما التغيرات الدورية أو الفجائية في درجات الحرارة والتي تؤدي إلى حدوث تمددات وتقلصات على طبقة الطلاء خاصة وإن كانت رقيقة وعلى الأساس الموضوعة عليه أيضا ، وهذا ما يحدث تشققات على الطلاء وإمكانية انفصاله خاصة إن لم يكن له نفس معدل تمدد الأساس أو السند ، وفي حالة انخفاض درجة الحرارة تصبح صلبة ومتكسرة ([3]) .

7.6 _ الكشط :

الكشط هو عبارة عن التلف الناتج عن احتكاك مادتين صلبتين ببعضهما البعض بقوة كبيرة كفعل حبات الرمل المنقولة بالرياح ، في حين تدعى عملية احتكاك المادة السائلة بالمادة الصلبة تعرية وتسبب تآكل السطح وتحلله كفعل المياه الجارية .

ويكون تأثير هذا العامل واضحا في حالة المباني القريبة من البحر أو الموجودة في المناطق الصحراوية أو القريبة من المصانع ، حيث يكون الفعل الكاشط لحبيبات الرمل والجزيئات المعدنية والغبار المنقول بالرياح ذا تأثير بالغ إذ تعمل على تآكل الأسطح ، ويكون عامل التلف بواسطة الكشط مختلف تبعا لنتيجة اصطدام الغبار على غشاء الطلاء

1- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P 422 .

2- Valot Henri , " A propos des matériaux et de la restauration –dérestauration des peintures murales " , Dans :Les anciennes restaurations en peintures murales , Journées d'études de la SFIIC , France , 25-27 Mars 1993 , P 36 .

3- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P 423 .

أو لقوة الأجسام الكاشطة على الأسطح ، ففي الحالة الأولى يؤدي اصطدام الجزيئات الكاشطة إلى الاقتلاع السطحي لجزيئات الطلاء إذا كانت الضغوطات القصوى الناتجة عن الاصطدام أعلى من قدرة الغشاء على التحمل ، وهذا ما ينتج تجزعات (عبارة عن تشققات مجهرية) والتي تعد بداية لتلف أكبر ، وكلما كانت الجزيئات الكاشطة أصغر وأكثر كثافة كانت أكثر تأثيرا نتيجة للسرعة الكبيرة عند اصطدامها بسطـــح الطلاء ([1]) .

8.6 _ الكائنات الحية :

يمكن لكائنات عديدة أن تهاجم الطلاء سواء كانت حيوانات أو نباتات أو فطريات ، ولهذا من الأفضل استعمال طلاءات تحوي مبيدات أو مضادات تمنع تكاثر هذه الأنواع عليها كالطلاء المستعمل في البواخر والسفن والذي يحوي على أصبغة سامة تمنع نمو الأصداف على هياكلها .

تهاجم البكتيريا والفطريات أنواع الطلاء التي تتكون من المحاليل أو المستحلبات المائية ، حيث يمكن للروابط العضوية بوجود الماء أن تتعرض لتغير بفعل البكتيريا مما يؤدي إلى ضعف الطلاء وتغير مظهره في الغالب ، كما يمكن أن يتغير لونه ، وفي حالة وجود الظروف المناسبة من رطوبة ودرجة حرارة تتكاثر هذه الكائنات وتعمل على الإنقاص من صلابة الطلاء أو ليونته ، مما يسمح للماء بالدخول والنفاذ لعمق الطلاء بكل سهولة وهذا من خلال الشقوق و التقشرات التي تخلفها ، كما يمكن لهذه الكائنات أن تتغلغل داخل عمق الطلاء بحثا عن العناصر الغذائية ولا تبقى على السطح فقط ، و تساهم الأحماض العضوية التي تنتجها عقب عملية الأيض في تحلل مكونات الطلاء الحساسة لهذه الأحماض كالطلاء الجيري مثلا ([2]) .

7 _ مظاهر ونتائج التلف :

تترك العوامل المسببة في التلف مظاهرا واضحة على سطح الطلاء تختلف باختلاف العامل المتسبب فيها ، وأهم هذه المظاهر هي كالتالي :

---

[1]- Grandou P , Pastour P , Op Cit , Pp 423 - 424 .

[2]- Idem , P 425 .

1.7 _ فقدان التماسك و الالتصاق :

يعتبر الالتصاق والتماسك الخاصية المميزة للطلاء والتي تكمن أهميتها في مقاومتها للتحريضات الميكانيكية والكيميائية لمدة طويلة من دون أن تنفصل ، يزداد عامل الالتصاق على الأسطح الخشنة والتي تحتوي على مسامات كثيرة ، كما يتحسن في حالة استعمال المواد اللزجة ، ويتم الالتصاق عن طريق التثبت الميكانيكي و قوى التجاذب ذات الطابع الفيزيائي والكيميائي بين جزيئات الطلاء والجزيئات البينية للأساس ، وتكون هذه القوى بحسب طبيعة وبنية الطلاء والأساس ، كما تلعب المواد الصابغة دورا في الالتصاق إذ هناك بعض المواد ترفع من درجة الالتصاق ، حيث يؤدي إضافة 3 % من مسحوق الميكا لتحفيز التصاق الطبقة الأولية على بعض أسطح الجص .

وينتج فقدان التماسك بفعل تقادم الطلاء وبسبب عوامل التلف وأهمها المياه خاصة في حالة الطلاء الخارجي ، حيث يمكن للطلاء الذي يكون رابطه زيتيا أو بقاعدة من اللاتكس و المستعمل على أساس من الجص أن ينفصل بعد تشكل الانتفاخات بفعل أثر الماء ، أو نتيجة لتبلور الأملاح على الطلاء ، كما يسهل فقدان التماسك نتيجة للفعل الصابوني للأساس والذي يدمر الطبقة الأولية ، في حين تزداد القدرة على امتصاص الماء كلما كانت مسامات الجص كبيرة مما يؤدي إلى الانفصال ، و يؤدي توالي دورات الترطيب والجفاف إلى انفصال في شكل شظايا ([1]) .

2.7 _ التشقق و التجزع :

يعد تشكل التجزع ظاهرة مميزة لقشرة الطلاء والتي تمتد عبر سمك الطلاء ويمكنها أن تصل إلى غاية سطح الأساس المطلي ، وتبدأ هذه الظاهرة بتشقق مجهري على السطح المعرض للعوامل الخارجية ثم تمتد تدريجيا في سمك الطلاء ، ويمكن أن يحدث التجزع نتيجة لتغيرات درجة الحرارة والرطوبة ، كما تنتج أيضا عن التركيبة السيئة للطلاء خاصة عندما يحتوي على طبقات سفلية أكثر ليونة من الطبقات النهائية ، كما يمكن أن تنتج التشققات بسبب الأساس المستعمل ففي حالة الخشب مثلا تنتج التشققات

[1]- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P p 426 , 428 .

في الطلاء نتيجة للانتفاخات والتقلصات المتعاقبة للنسيج الخلوي اللين للخشب والواقع بين نسج أكثر صلابة ([1]) .

3.7 _ تغير اللون :

يمكن **أن** ينتج التغير في اللون بسبب حساسية الصباغ للظروف الخارجية كحالة الأصبغة الحساسة للضوء مثل : أصفر الكروم و أكسيد الزنك والليثوبون (وهو عبارة عن مزيج من سلفات الباريوم وسلفور الزنك) ، أو في حالة الأصبغة غير المقاومة للأسس مثل : أزرق بروس ، أو حالة الأصبغة الحساسة لأثر الأحماض مثل : الأزرق اللازوردي .

كما يجب الأخذ بعين الاعتبار إمكانية الطلاء في حد ذاته لتغير لونه نتيجة للظروف الخارجية خاصة الضوء والحرارة ، حيث يعتبر الاصفرار و التحول إلى الرمادي الفاتح خاصية معظم الروابط ([2]) .

4.7 _ فقدان اللمعان و البريق :

يمكن أن نلاحظ على الطلاء في العادة فقدان للمعان بعد فترة من الاستعمال ، حيث يفقد كل من البرنيق والطلاءات الأخرى اللمعان نتيجة التعرض للعوامل الجوية من رطوبة والجزيئات الموجودة في الجو كالغبار ودخان السيارات ، ويصاحب فقدان البريق غالبا تفتتا في السطح وتحوله إلى مسحوق ، والذي يرجح منشؤه نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية التي تدمر الروابط على السطح ([3]) .

1- Grandou P , Pastour P , Op Cit , P 429 .
2- Idem , P 429 .
3- Ibidem , P p 430 - 431.

الخلاصة :

تعتبر الحجارة مادة أساسية من مواد البناء في مختلف الفترات التاريخية ، وقد تم استعمال أنواعها المختلفة بالنظر لخصائصها و توفرها في المنطقة المجاورة للبناء ، وقد تستدعي الحاجة لجلب أنواع أخرى من مناطق بعيدة وهذا راجع إما لعدم توفر هذه المادة الحيوية أو بغرض استعمال أنواع أكثر مقاومة وجمالية .

وتصنف حجارة الطوف ضمن الصخور الرسوبية الكلسية ذات المنشأ الكيميائي ، ويندرج تحت هذا الصنف أنواع مختلفة منها حجارة الطوف و الترافرتين و الصواعد والنوازل و الطفو ، تحتوي هذه الأنواع على $CaCO_3$ في تركيبتها الكيميائية كما يمكن أن تضم نسبة كبيرة من الكوارتز أيضا .

ويعرف مجال الطلاء تنوعا كبيرا في المواد والتقنيات المستخدمة في صناعته ، فكل يوم يمضي إلا و تكتشف فيه أنواع ومواد جديدة ، وقد تم استعمال الطلاء منذ القدم لأغراض تزيينية في الأساس وكان من مواد طبيعية بحتة كالجير والبيض ، ومع التطور اكتشفت أنواع جديدة لها أدوار تزيينية وحماية كمنع الرطوبة مثلا .

يتعرض الطلاء كغيره من المواد إلى التلف والتدهور ومن أهم العوامل المؤدية إلى تلفه نجد كل من الأشعة الضوئية والحوادث الفجائية والرطوبة ، ولهذا ينبغي استبداله بعد فترات معينة لضمان قيامه بدوره الذي وضع من أجله .

الفصل الثاني

تلف حجارة الطوف ومعالجتها

الفصل الثاني : تلف حجارة الطوف و صيانتها

تمهيد

1 _ التلف .

2 _ الصيانة .

3 _ الحماية .

4 _ عمليات الترميم .

الخلاصة .

تمهيد :

اكتشف الإنسان عبر الزمان وسائل تحميه من قساوة المناخ ، فلجأ أولا إلى الكهوف والمغارات ، ومع التطور أنشأ المباني وقد اختار لها أكثر المواد مقاومة لهذه العوامل ، ولكن بالرغم من هذا فإن هذه المباني تتعرض بدورها لعدد كبير من العوامل تسرّع من عملية تدهورها ، ويعتبر التلف عملية ديناميكية تمس جميع المواد ومن بينها الحجارة حيث و بفعل التغيرات الجوية وانتشار الملوثات وغيرها من العوامل يمكنها أن تتدهور ، ويمكن للتلف أن يكون سريعا أو بطيئا وهذا راجع لمدى مقاومة الحجارة وشدة العوامل المسببة له ، وعادة ما يصحب التلف تغيرا سواء في مظهر أو تركيبة الحجر أو المادة المعرضة للتلف عموما .

وقد سعى الإنسان منذ القدم للحد من التلف وأشكاله ومظاهره ، فلجأ إلى وسائل وطرق عديدة بهدف منع مبانيه ومنشآته من التهدم ، ومع المحاولة والتجربة عبر الزمن اكتشف أساليب متنوعة ومختلفة يحمي بها مبانيه ويطيل من فترة حياتها ، وابتدع طرقا يصلح بها أو يرمم بها ما تهدم .

1 _ التلف :

التلف هو جميع التغيرات الكيميائية أو الفيزيائية التي تحدث على الخصائص الطبيعية للحجارة ، والتي تقود في الغالب إلى فقدان قيمتها أو نوعيتها أو تمنع استعمالها ([1]) ، وينتج التلف عن اتحاد بعض العوامل الطبيعية كالمياه والحرارة مثلا والتي لا تسبب التحلل المباشر للصخور فقط ، بل تتعدى ذلك إلى تأثيرات ثانوية لها فعلها المخرب أيضا كنمو النباتات ([2]) .

1.1 _ عوامل التلف :

يسبب التلف عوامل كثيرة ومتنوعة ونتيجة لاجتماعها واتحادها مع بعضها البعض ، وتبعا للطبيعة الفيزيائية والكيميائية للحجارة يمكن للتلف أن يكون سريعا أو بطيئا ، وتبدأ عملية تلف الحجارة انطلاقا من استخراجها من المحاجر حيث كانت مستقرة ومتكيفة مع ذلك المحيط ، وهذا بسبب تعرضها لوسط جديد كثير التغيرات التي تعمل على تلفها ، وتزيد درجته في حالة التلوث الجوي وموقعها في المعلم (داخل أو خارج ...) ، ولهذا يمكننا تقسيم عوامل التلف إلى : عوامل داخلية والتي تتعلق أساسا بطبيعة المادة في حد ذاتها، وعوامل خارجية تتعلق بالمحيط الخارجي للمادة .

1.1.1 _ عوامل التلف الداخلية :

وتشمل كل ما يتعلق بالخواص الطبيعية الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية للحجارة ، كالتركيبة الكيميائية والبلورية والمسامية والنفاذية والصلابة والمواد الرابطة الداخلة في تكوينها ، إذ تلعب هذه الخواص دورا هاما في تلف الحجارة ما لم تكن لها القدرة على مقاومة عوامل التلف ، كما يتعرض التركيب المعدني لعدد من الصخور الرسوبية لبعض التغيرات الفيزيوكيميائية الضارة أثناء عملية التكوين والتي تساهم في تدهورها عند استخدامها ، كما تؤثر ظروف نشأة الصخر مباشرة في عملية التلف ([3]) .

---

[1]- ICOMOS-ISCS , Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre Version Anglais – Français , Monument et sites XV , France , Septembre 2008 , P 8 .

[2]- سنيرز. ر . ف ، دي اينو . ب . ج ، " صيانة الحجر " ، ترجمة : واثق إسماعيل الصباحي ، في : صيانة التراث الحضاري ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، تونس ، 1990 ، ص 229 .

[3]- محمد عبد الهادي محمد ، مبادئ ترميم ... المرجع السابق ، ص 86 .

❖ **المسامية :** لعدد وحجم المسامات دور في تدهور حجارة البناء ، إذ تعد الحجارة التي تحتوي على عدد كبير من المسامات الصغيرة أقل مقاومة لعوامل التلف ، في حين أن المسامات الكبيرة تسبب تلفا أقل ، ولهذا تعتبر الحجارة الأقل مساما أكثر مقاومة ([1]) ، حيث تساهم المسام على انتقال المياه والأملاح لداخل الحجارة ، إذ يُحدِث الماء الموجود داخل المسام انخفاض كبير في مقاومة الضغط عند الصخور ذات المسامية المنخفضة عند غمرها بالماء ، وذلك نتيجة لوجود شبكة من التشققات الطولية الدقيقة في بنية الصخور المتبلورة والهشة ، ويرجع السبب في ذلك إلى تحطيم الشد السطحي في هذه التشققات عند غمرها بالماء ، كما تتسرب الأملاح وتتبلور في المسام عند تبخر الماء مؤدية إلى زيادة حجمها وتشققها مما يتسبب في هشاشة وتفتت الصخر ([2]) .

❖ **التركيبة الطبقية :** بما أن حجارة الطوف المستعملة في القصبة هي من الحجارة الرسوبية فهي تمتلك تركيبة طبقية ، إذ يكون اتجاه الطبقات موازيا لمستوى الترسيب الذي غالبا ما يكون أفقيا حيث تكون مقاومتها الميكانيكية في الاتجاه المعاكس ضعيفة مما يتسبب في التلف ، فعندما تتشكل الباتينا أو القشرة على السطح في الاتجاه الموازي يكون انفصالها سهلا و واضحا مؤدية إلى التقشر desquamation وبهذا تتسرع عملية التلف ([3]) .

❖ **التركيبة الكيميائية والمعدنية :** تحتوي بعض الحجارة على مكونات قابلة للذوبان في الماء ومن بينها حجارة الطوف التي تعد نوعا من الصخور الرسوبية الكلسية ، إذ تحتوي على كربونات الكاليسيوم القابلة للتفاعل مع الماء والأحماض مما يؤدي إلى التحلل وفقدان المادة ([4]) ، كما تحتوي بعض الصخور الرسوبية على طبقة أكثر هشاشة تتكون أساسا من الطين ، ما يجعلها تتآكل بشكل أسرع من البقية عند تعرضها للعوامل

---

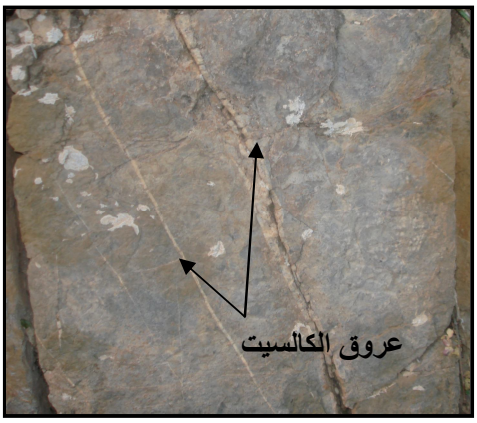
[1]- Torraca G , " L'état actuel des connaissance sur l'altération des pierres : causes et méthodes de traitements " , dans : Matériaux et constructions , Vol 7 , N° 42 , 1974 , P 376 .

[2]- صليب مرفت ثابت ، تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية ، ط 1 ، الدار العالمية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 2008 ، ص 148 _ 150 .

[3]- Torraca G , Op Cit , P 376 .

[4]- Idem , p 376 .

المناخيـــة ، كما نجد أحيانا تشكل عروق الكالسيت التي تؤدي إلى تشقق الحجارة وتصدعها([1]) ، صورة رقم 04 .



صورة رقم 04 : تمثل عروق الكالسيت وتشقق الحجارة وفقا لهذه العروق ، للطالبة .

❖ **التدهور الأولي :** ويتمثل أساسا في التلف البدائي الذي يحصل للصخور خلال مراحل تكوينها كالشقوق ذات الأصل التكتوني في الصخور الرسوبية نتيجة لعدم استمرار طبقاتها ، إضافة لتأثير العوامل الجوية والأملاح على الصخور في أماكنها والذي تؤدي لتدهور مختلف ([2]) ، كما تلعب الشقوق المجهرية الناتجة عن عمليات الاستخراج و النقل والنحت دورا في التلف حيث تتوسع فيما بعد بسبب المياه والأملاح ([3]) .

2.1.1 _ العوامل الخارجية :

تتسبب هذه العوامل في أكثر الأضرار التي تصيب المعالم الأثرية عامة ومواد إقامتها خاصة ، و تشمل المحيط الخارجي وتفاعلاته مع المادة ، ويمكن أن نصنفها إلى أربع عائلات كبرى وهي : العوامل الفيزيوكيميائية ، والعوامل الميكانيكية والبيولوجية والبشرية ، ولكن يمكن لعامل واحد أن تكون له أثار مختلفة : مثلا ميكانيكية وكيميائية في آن واحد كالعامل البيولوجي مثلا ، ولهذا تعمل هذه العوامل مع بعضها البعض لإحداث تلف أكبر .

---

[1]- Mamillan Marc , Pathologie et restauration des construction en pierre , Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels , Rome , SD , P 27, 28 .

[2]- Campy Michel , Macaire Jean- Jacques , Géologie de la surface : Erosion , transfert et stockage dans les environnements continentaux , 2e éd , DUNOD, France , 2003 , P 120 .

[3]- Mamillan Marc , Op Cit , P 30 .

1.2.1.1 _ العوامل الفيزيوكيميائية :

تؤدي كل من الأمطار والرطوبة بأنواعها وبمختلف مصادرها والتلوث بأنواعه بالإضافة إلى حركة الأملاح وتغيرات درجة الحرارة إلى إحداث تغييرات فيزيائية و كيميائية على مستوى مواد المعالم التاريخية ومن بينها الحجارة .

❖ **الماء :**

تعتبر المياه عاملا رئيسيا في عملية التلف حيث لها فعل كيميائي و ميكانيكي إذ أن جميع التفاعلات الكيميائية في الحجارة تتم بتدخلها ، وفي حالة عدم وجودها لا يمكن للأملاح المنحلة أن تنتقل أو تتبلور ، وكذلك الحال بالنسبة للغازات الحمضية التي لا يمكنها أن تشكل محاليل حمضية تهاجم مواد البناء ([1]) ، و هناك إمكانية قليلة لذوبان كربونات الكاليسيوم أو الماغنيزيوم في حالة الحجارة الكلسية أو الرملية التي تحتوي على مادة رابطة كلسية ، ولكن يمكن أن يزيد معدل الانحلال في حالة وجود CO_2 وSO_2 ([2]) ، كما يعد عاملا مساهما في ظهور العوامل الأخرى خاصة العامل البيولوجي .

للمياه في المعالم الأثرية مصادر كثيرة ومتنوعة أهمها : المياه الناتجة عن الأمـــطار ، الرطوبة في الجو ، التكاثف ، المياه التي تصعد من التربة بفعل الخاصية الشعرية ، ونتيجة للأنشطة المنزلية ، ونتيجة لرذاذ البحر في حالة المواقع القريبة منه .

✓ **مياه الأمطار والثلوج :** تؤدي الأمطار الغزيرة إلى إزالة المواد الرابطة بين الحجارة ، بالإضافة إلى إضعاف بنية الحجارة نتيجة لسقوطها المتواصل مما يسبب نخرا للحجارة وتكون الثغـــرات وتفتتها وتقشر سطحها ، وإذا تسربت إلى أساسات المبنى فتضعفها ، كما تحدث تفاعلات كيميائية بإذابتها للأملاح التي تحتويها ثم تتبلور هذه الأملاح عند جفافها مسببة تقشرا للحجارة وتفتتا لسطحها ، بالإضافة إلى نمو طبقة بكتيرية أو طحلبية على السطوح ([3]) ، كما تعمل مياه الأمطار على تعرية أو حت حجارة العناصر المعمارية البارزة أو المعرضة لها خاصة في حالة وقوعها تحت قنوات تصريف

---

[1]- Torraca G , Op Cit , p 376 .

[2]- Iniguez Herrero Jaime , Altération des calcaires et des grés utilisés dans la construction , Éditons Eyrolles , Paris , 1967 , P 26 .

[3]- الريحاوي عبد القادر : المباني التاريخية حمايتها وطرق صيانتها ، دمشق ، 1972 ، ص 19 .

مياه الأمطار و المياه المتدفقة من الأسطح ، إضافة إلى غسلها لمعظم الترسبات (غبار ، تلوث) الموجودة في طريقها ، وتؤدي أيضا إلى إذابة و تحلل الصخور الكلسية بشكل سريع خاصة إذا كانت أمطارا حمضية ([1]) ، ويتمثل الفعل الميكانيكي لمياه الأمطار أيضا في تعرية الواجهات المطلية والمصبوغة لتصل إلى الملاط ، بحيث تمدد وتذيب الملاط الذي تحتوي تركيبته على التراب (الطين) ([2]) ، وتعتبر مدينة الجزائر منطقة كثيرة التساقط إذ يمكن أن يصل المعدل السنوي إلى 900 ملم والذي يختلف بحسب السنوات .

أما بالنسبة للثلوج فإنه يجب أخذ وزنها بعين الاعتبار نتيجة للضغوط التي تحدثها على المباني ، وعند ذوبانها فإنها تنفذ مباشرة إلى الحجر وتعمل نفس عمل المياه والرطوبة ، من إذابة للأملاح والتوسيع من الشقوق نتيجة لتجمد الماء عند انخفاض درجات الحرارة ([3]) ، ولحسن الحظ لا تعاني مدينة الجزائر من هذا المشكل فمن النادر أن يتساقط فيها الثلج ، وحتى و إن أثلجت لا يتجاوز سمكه 3 سنتيمترات .

✓ **الرطوبة :** تعد من أهم عوامل التلف الخارجية باعتبارها حلقة الوصل بين مختلف العوامل الأخرى ، إلى جانب دورها الفعال كعامل هدم فردي ، وتظهر الرطوبة على الحجارة في صورة المحتوى المائي الذي تستوعبه المسام والشقوق والفجوات الدقيقة من الماء الخارجي والمحيط بها ، والذي يكون على صورة رذاذ أو بخار ماء معلق في الهواء نتيجة عمليات التبخر من المسطحات المائية مكونة ظاهرة الضباب أو السحب السفلى ، ويتضاعف أثر الرطوبة في حالة الاتصال المباشر مع أساسات المعلم كصعود المياه بالخاصية الشعرية وفي حالة وجود مياه جوفية ([4]) ، ويؤدي امتصاص الحجر للرطوبة إلى تشبعه وبالتالي إلى تمدد مائي وزيادة حجمه وتغيير بنيته المسامية ، بينما في حالة انخفاض الرطوبة يتبخر الماء ويتقلص الصخر وبفعل تكرار العملية تنهك

---

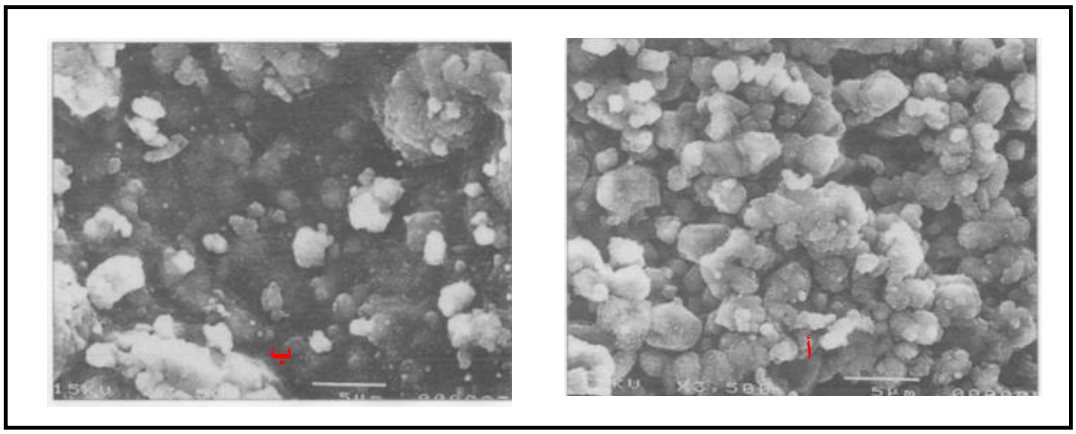
[1]- Beck Kévin , Etude des propriétés hydriques et des mécanisme d'altération de pierres calcaires à forte porosité , Université d'Orléans et CNRS , France , 2006 , P 12 .

[2]- Adam Jean Pierre , Dégradation et restauration de l'Architecture Pompéienne , CNRS , Paris , 1983 , P p 25 - 26 .

[3]- الريحاوي عبد القادر : المرجع السابق ، ص 19 .

[4]- صليب مرفت ثابت ، المرجع السابق ، ص 151 ، 152 .

الحجارة وتتفتت أو تتشقق أو تتعرض لانفصال صفائحي ([1]) ، وقد قامت مجموعة من المخابر الفرنسية (LGCNSN, LPG , LTHE) بإجراء دراسة محاكية لكيفية تلف عينات من الطفو بدورات من الرطوبة و الجفاف ، بحيث تم تعريض العينات لـــ 50 دورة رطوبة- جفاف ، وقد أدت هذه العملية إلى تغير واضح على بنية العينات إذ اختفى عدد من الحبيبات وحلت محلها طبقة بشكل ستار تحصر بعض الحبيبات ([2]) صورة رقم 05 (أ ، ب) ، وتنتشر هذه الظاهرة بكثرة في مباني القصبة التي تعرف رطوبة عالية ، زيادة على وجود الجب أو خزانات الماء في الطابق تحت الأرضي مما يخلق مشكلة انتقال المياه للجدران بالخاصية الشعرية .



صورة رقم 05 (أ،ب) : سطح عينة الطفو بواسطة المجهر الإلكتروني قبل وبعد دورات الترطيب والجفاف ، عن Chéné G , Bastian G , Brunjail C , Laurent J . P , Op Cit , P 531.

✓ **مياه الرشح والنشع :** ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية في أساسات المباني الأثرية من العوامل الجوهرية في عمليات التلف ، والتقليل من الخواص الميكانيكية للحجر ، ويتمثل التأثير الحقيقي لهذه المياه فيما تحمله من أملاح أو مواد عضوية موجودة في مصادر هذه المياه أو التربة التي تختزن تلك المياه .

تتمثل مصادر المياه تحت السطحية في مياه شبكات الشرب والصرف الصحي ومياه المجاري المائية ومياه الأمطار ، وكذلك مياه الصرف الزراعي ، وأخطر هذه

---

[1]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , La conservation de la pierre monumentale en France , Presses du CNRS , Paris , 1992 , P 67 .

[2]- Chéné G , Bastian G , Brunjail C , Laurent J . P , " Vieillissement accéléré de blocs de tuffeau en laboratoire sous l'effet de cycles d'imbibition-séchage " , Dans : Matériaux et constructions , Vol 32 , Aoute – septembre 1999 , P p 527 , 531 .

المصادر هي الصرف الصحي والزراعي لما تحملانه من أملاح ومواد عضوية ، وتصل هذه الأملاح إلى داخل الآثار الحجرية عن طريق الخاصية الشعرية بمساعدة عوامل أخرى ([1]) .

يعتمد ارتفاع الماء في المسام على قوى التوازن بين الماء الداخل إلى المسام والماء المتبخر من سطح الجدران والحجارة ، ويزداد ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية في الجدران القديمة لأن نفاذيتها تزداد بالقدم ([2]) .

✓ **المياه نتيجة الأنشطة البشرية :** توجد كمية كبيرة جدا من الرطوبة في الجو نتيجة الأنشطة و التصرفات الإنسانية ، و تعتبر أحد أسباب ظاهرة تكثيف بخار الماء و من أمثلة هذه الأنشطة : غسيل الملابس، الطبخ و بخار الطعام، الحمامات بالإضافة إلى أعمال تنظيف الأرضيات ([3]) .

✓ **رذاذ البحر :**

يؤثر بالخصوص على المواقع القريبة من البحر كحالة القصبة مثلا ، فخلال فصل الشتاء وبهبوب الرياح ترفع بعض القطرات من ماء البحر المملوء بالأملاح لتصطدم بحجارة المعالم ثم تنتشر داخل مساماتها ، وخلال الفترات الدافئة ومع أشعة الشمس سوف يتبخر الماء المتواجد داخل المسام تاركا وراءه الأملاح التي تتبلور على سطح الحـــجر([4]) .

❖ **تغيرات درجة الحرارة :**

يؤدي التغيير الكبير في درجات الحرارة سواء بين الليل والنهار أو خلال المواسم إلى حدوث تمدد في أبعاد مواد البناء في حالة ارتفاع درجة الحرارة ، أو انكماشها عند انخفاضها ، ويكون التأثير أشد بين الأسطح المكشوف والأسطح الداخلية ، وهذا ما يؤدي إلى التشقق وانكسار هذه المواد (الأحجار) وسقوطها ([5]) ، بالإضافة إلى ذلك تتسبب

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 88 .
[2]- توراكا جورجيو ، تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية ، ترجمة : أحمد إبراهيم عطية ، ط 1 ، دار الفجر للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 2003 ، ص 54 – 55 .
[3]- واكد خليل إبراهيم ، أسباب انهيار المباني ، طرق الصيانة والترميم ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، مصر ، 1996 ، ص 152 .
[4]- قادوس عزت زكي حامد ، علم الحفائر وفن المتاحف (المرجع السابق) ، ص 179 .
[5]- توراكا جورجيو ، المرجع السابق ، ص 71 – 73 .

درجة الحرارة في عملية التبخر السريعة للسوائل الحاملة للأملاح مؤدية في النهاية إلى تبلورها في الداخل أو على السطح ([1]) ، كما أن درجة الحرارة تعد عاملا محفزا في كثير من التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الصخر ، كما تساعد في نمو الكائنات الحية ([2]) .

وفي حالة انخفاضها إلى درجة الصفر أو دونه تؤدي إلى تجمد المياه الموجودة داخل مسام الصخر المشبع ، وتحدث عملية التجمد تدهورا كبيرا على الحجارة إذ يمارس الجليد المتبلور ضغطا على مسام الحجارة [في حالة عدم وجود الفراغ الكافي في المادة] وذلك نتيجة لزيادة حجم الماء المتجمد لنسبة تصل إلى 9 % محدثا تشققات أو تلف شبيه بحراشف السمك أو تشظ للسطح الخارجي من الحجر ([3]) ، كما تعتبر الحجارة ذات المسام الرقيقة أكثر تجمدا من التي تحتوي على مسام كبيرة في نفس شروط التعرض ([4]) .

❖ **الأملاح :**

هناك عدة مصادر للأملاح منها ما هو موجود أصلا في مواد البناء ، وكذلك الأملاح الناتجة عن التحلل الكيميائي لهذه الحجارة عند تعرضها للتلوث الجوي في وجود الرطوبة ، التي تعمل على تشكل الأحماض المحللة بحيث تعطي كربونات أو كبريتات الكاليسيوم ، بالإضافة إلى الأملاح الناتجة عن استخدام المواد الرابطة في البناء ، أو خلال عمليات الترميم (الإسمنت) ، والأملاح الموجودة في التربة والتي تنتقل إلى المعلم بفعل الخاصية الشعرية ([5]) ، كما تكون مياه الأمطار محملة بالكلورور chlorure من رذاذ البحر الذي يدفعه الريح ، ومن السولفات الأتي من التلوث الجوي ([6]) .

ويرتبط تأثير الأملاح بوجود الماء الذي يذيبها وينقلها داخل الحجارة ، إذ تعمل الأملاح على تغيير البنية المعدنية للحجارة وإتلافها بظاهرة التبلور ، ويمكن شرح هذه

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 83 .
[2]- كرونين ج . أم ، روبنسون و . س : أساسيات ترميم الآثار ، جامعة الملك سعود للمطابع والنشر ، السعودية ، 2006 ، ص 36 .
[3]- Beck Kévin , Op Cit , P p 12 , 13 .
[4]- Mamillan Marc , Op Cit , P 21 .
[5]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 89 .
[6]- Domasowski Wieslaw , La conservation préventive de la pierre , Collection Musées et monument , XVIII,UNESCO , Paris , 1992 , P 16 .

الظاهرة بأن الحجر المسامي يمتص جزيئات الماء كإسفنجة ، حيث تدخل هذه الجزيئات في مسام الحجارة وتنتقل بسهولة بينها ، وبفعل الشروط الخارجية من الحرارة والرطوبة المناسبين thermo- hygrométrique تنحل الأملاح في الماء ، وعند ارتفاع درجة الحرارة يتبخر الماء الذي انتقل لسطح الحجارة بينما تبقى الأملاح في المسام وتتبلور إما على السطح أو تحت السطح ، وتؤدي إلى انفصال الحجر الذي يظهر في شكل تقشر للسطح أو في انفصال طبقات سطحية صفائحية ([1]) ، تطبق الأملاح عند تبلورها فعلا ميكانيكيا خاصة إذا صاحب التبلور تغيرات في درجة الحرارة ، ولبعض الأملاح أثر تهديمي أكثر لأنها يمكن أن تتبلور تحت أشكال مختلفة ، بحيث يصاحب المرور من شكل لآخر تغيرات واضحة في الأبعاد (كحالة الانتقال من الماء السائل إلى الجليد) ، كما تزيد أو تقل هذه التغيرات في الحجم تبعا لتغيرات الرطوبة النسبية في الجو ([2]) .

عادة ما تحدث ظاهرة التبلور على السطح ولكن يمكن أن تحدث أحيانا تحته في حالة عدم تعويض المياه المتبخرة ، إذ يتم ترسب الأملاح داخل الصخر ما يشكل أفقا لتجمعها نتيجة لتوالي دورات الترطيب والجفاف الذي يؤدي إلى ممارسة ضغط كبير على البنية المسامية للصخر ، كما تعمل على خلق تشققات وتقشرات في شكل أنصال كبيرة أو صغيرة الحجم ، أما التبلور على السطح فيكون له أثر أقل ([3]) .

❖ التلوث الجوي :

ينتج التلوث الجوي عن الغازات والجزيئات الموجودة في الجو والناتجة عن الأنشطة البشرية من صناعات مختلفة وحركة السيارات و الحرائق وأجهزة التسخين والتبريد وغيرها ([4])، من أكثر الغازات والمركبات الموجودة في الهواء والتي تحدث أضرارا بالغة بالمباني المشيدة بالحجارة الكلسية هي : مركبات الكبريت (غاز الكبريت ، حمض الكبريت) بالإضافة إلى أكسيد الأزوت ، أكسيد الكربون ، كلوريد الهيدروجين وفلوريد الهيدروجين ، حيث يتسبب تفاعل SO_2 مع كربونات الكاليسيوم $CaCO_3$ إلى

1- Domasowski Wieslaw , Op Cit , P p 15 , 16 .

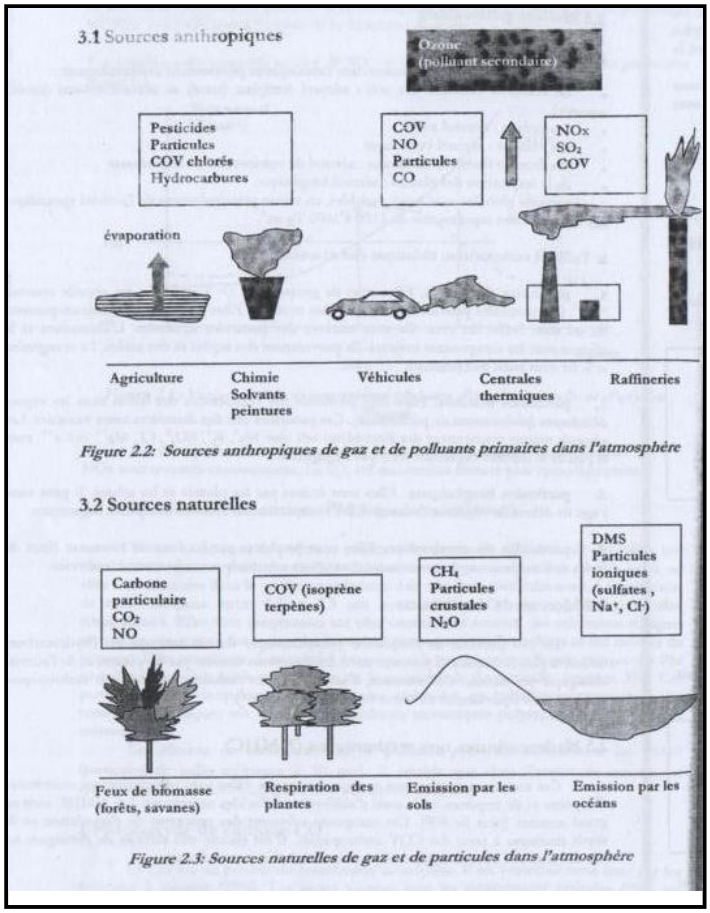
2- Torraca G , Op Cit , P 376 .

3- Beck Kévin , Op Cit , P 17 .

4- Masclet Pierre , Pollution atmosphérique : Causes , Conséquences , Solutions , Perspectives , Ellipses édition , Paris , 2005 , P 22 .

ظهور قشور سوداء على سطح الحجارة الكلسية ، وترسبات داكنة وكذلك تشكل كبريتات الكاليسيوم ([1]) ، كما يمكن لهذه الغازات و المركبات أن تتحول إلى أحماض قوية لها القدرة على تحليل العديد من المعادن مثل الكربونات كحمض الكبريتيك وحمض الكربونيك ([2]) ، وللعلم أن خطر التلوث على الحجارة المسامية غير المحمية كالطوف مثلا أكثر بفعل نفاذ هذه الملوثات واستقرارها داخل المسام ، إذ يصعب إزالتها بواسطة الرياح أو مياه الأمطار المتدفقة أو الأمطار الغزيرة ، وهذا ما يؤدي إلى مضاعفة التلف عند اجتماع هذه الملوثات مع الماء الموجود في المسام ، وعادة ما يتم تشكل الطبقات السوداء في العناصر المعمارية المحمية من الأمطار والرياح ([3]) .

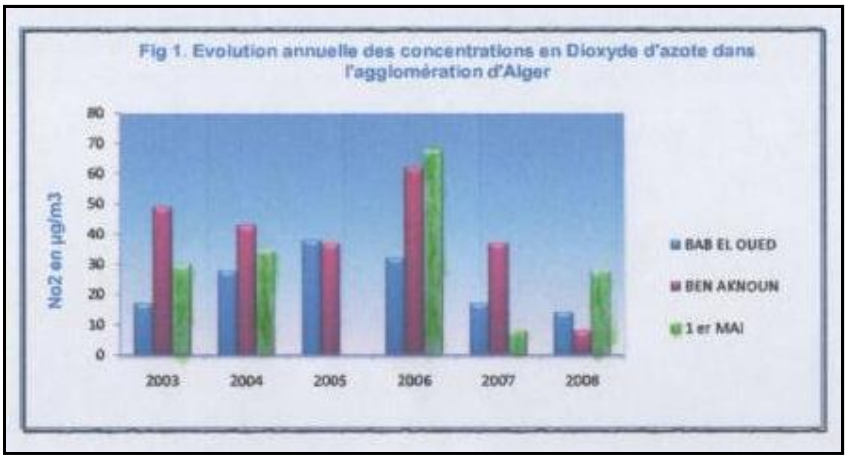
بالإضافة إلى هذه الملوثات هناك ذرات الغبار العالقة في الجو والأدخنة والزيوت المختلفة التي تؤدي إلى تشكل طبقات على البناء يصعب إزالتها ، وفيما يلي الشكل رقم 02 يبين مصادر التلوث (ويمكن الرجوع إلى ملحق الأشكال للاستيضاح أكثر) .



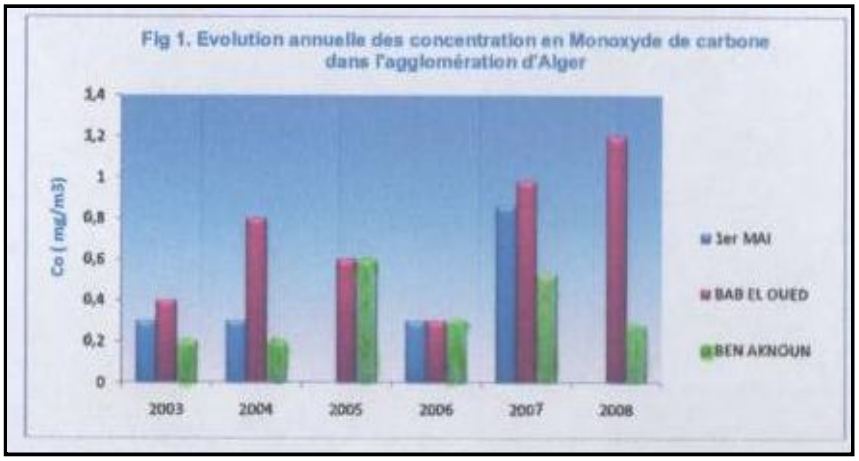
شكل رقم 02 : مختلف مصادر التلوث ، عن :
. Masclet Pierre , Op Cit , P 28

[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]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 95 – 96 .
[3]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R . L , Op Cit , P 83 .

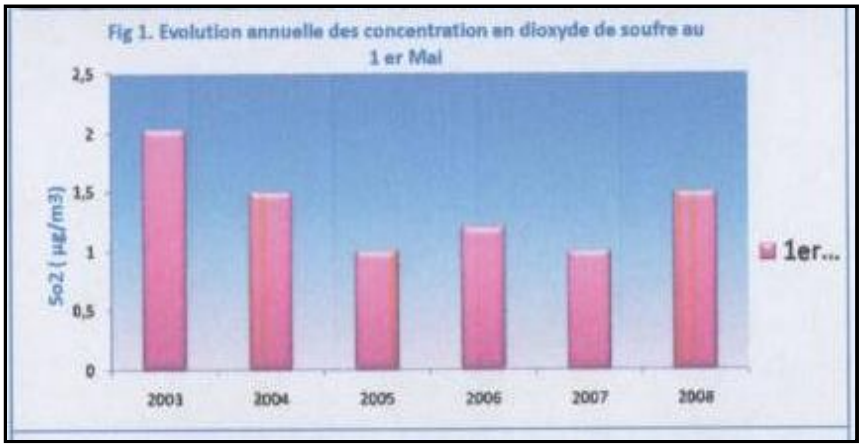
وتعتبر مدينة الجزائر عامة والقصبة خاصة منطقة ملوثة بفعل كثافة الحركة المرورية في محيطها ، زيادة على وجود عدة مناطق صناعية بالقرب منها والتي يتمثل نشاطها في : الصناعات التحويلية والبترولية ومواد البناء المختلفة ، والتي تتركز غالبيتها في منطقتها الشرقية فيصل نتاج هذه المصانع من الغازات و الجزيئات الملوثة بفعل الرياح الشمالية الشرقية التي تهب في معظم الوقت على المدينة ، وفيما يلي أشكال رقم 03 ، 04 ، 05 و 06 بها إحصائيات لمختلف نسب الملوثات في مدينة الجزائر (يمكن العودة إلى الملحق) .



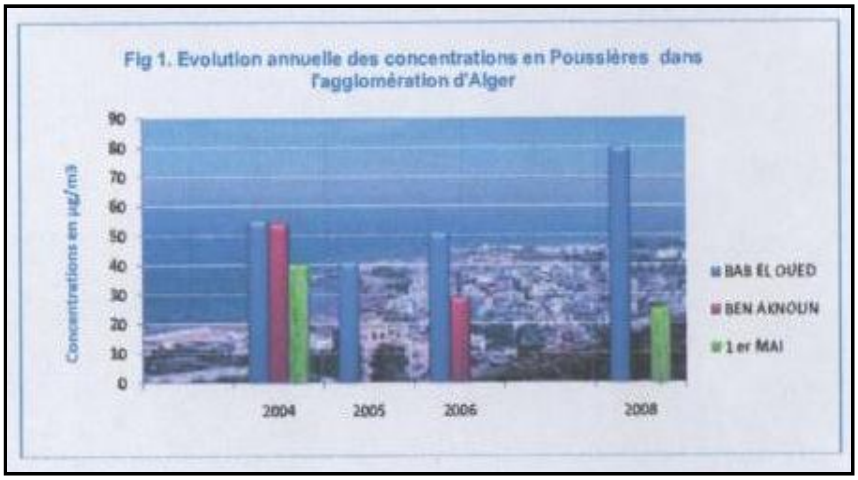
شكل رقم 03 : تغيرات تركيز NO_2 لمدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 ، عن : Samasafia , Rapport annuelle 2008 , réseaux de mesure de la qualité du l'air ,MATE , P 10 .



شكل رقم 04 : تغيرات تركيز CO في مدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 ، عن : Idem , P 19 .



شكل رقم 05 : تغيرات تركيز SO_2 بمحطة 1 ماي بالعاصمة من 2003 إلى 2008 ،عن : Ibidem , P 22 .



شكل رقم 06 : تغيرات تركيز الغبار بمدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 ، عن : Samasafia , Op Cit , P 25 .

2.2.1.1 _ العوامل الميكانيكية :

تحدث هذه العوامل تأثيرات سيئة على المعالم التاريخية ، وتتمثل بشكل خـــاص في : الحمولات الميكانيكية ، الرياح و العواصف ، الزلازل والاهتزازات نتيجة الحركة المرورية للمركبات ، بالإضافة إلى القصف أثناء الحروب .

❖ **الحمولات الميكانيكية :**

يرتبط هذا النوع من التلف مباشرة بهيكل البناء ، إذ يمكن للضغوطات أن تشقق أو تحدث تصدعا في الحجارة وهذا تبعا لنوعية الحجارة وبمساهمة عوامل خارجية (تغيرات الحرارة والرطوبة) ، وعن أهم الأسباب المؤدية لهذه النتيجة نجد : الملء السيئ للوصلات بالملاط ، استعمال ملاط غير مناسب ، فقدان المقاومة الميكانيكية نتيجة لتشبع الحجارة بالماء ([1]) ، كما يعتبر اتجاه وضع الحجارة عاملا مساعدا في التدهور ، ففي الحالة التي توضع فيها عكس ترصفها تكون مقاومتها الميكانيكية أعلى من حالة وضعها في نفس اتجاه ترصفها ([2]) ، وكلما زادت مقاومة الحجارة للضغط كلما انخفضت مقاومتها للانكسار ([3]) .

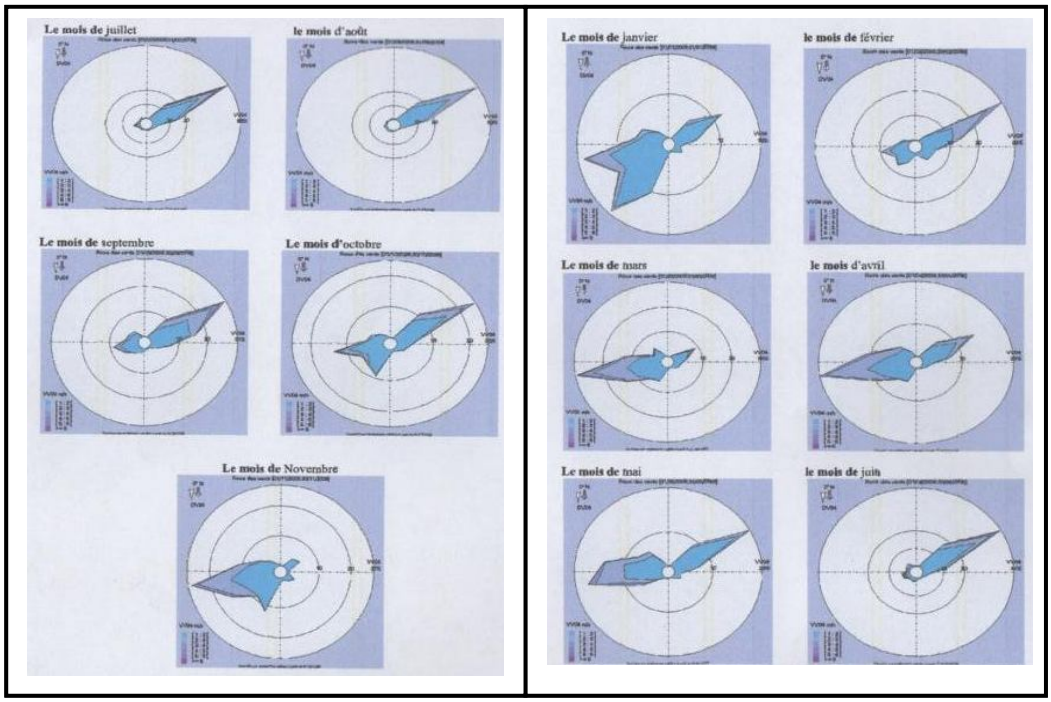
❖ **الرياح والعواصف :**

للرياح والعواصف تأثير مباشر وغير مباشر على المباني ، ويكمن تأثيرها المباشر في عملها على تعرية ونحت الحجارة بفعل الجزيئات الصلبة التي تحملها والتي تتمثل أساسا في الرمل ، بحيث تشبه العواصف الرملية الشديدة (رياح السيروكو الجنوبية

[1]- Beck Kévin , Op Cit , P 13 .
[2]- Mamillan Marc , Op Cit , P 25 .
[3]- Torraca G , Op Cit , P 377 .

الغربية التي تضرب أحيانا مدينة الجزائر في فصل الصيف خاصة) مناشير متحركة تشوه وتتلف الأسطح الحجرية بدرجات متفاوتة تختلف حسب صلابة الصخر ونوعية الترابط بين حبيباته ، متسببة في النهاية في تآكل وتعرج الأسطح في ظاهرة تعرف بالتتخرب ([1]) ، كما تساعد الرياح في عملية تبلور الأملاح وبالتالي تزيد من التدهور ، بحيث أنه يزيد من تبخر الماء الموجود في المسام مما يعني اختفاء الغشاء السائل على السطح ، وبالتالي يؤدي إلى تبلور الأملاح الذائبة إما بداخل المسام أو على سطح الحجـــارة ([2]) .

أما عن تأثيرها غير المباشر فيتمثل في دورها المساعد على نقل الغازات الملوثة مثل : SO_2 و CO_2 و غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الناتجة عن مداخن المصانع والسيارات و الجزيئات الصلبة الأخرى كالغبار وغيرها ، والتي لها فعل كيميائي وفيزيائي على الحجارة وهذا بوجود الرطوبة ([3]) ، وفيما يلي شكل رقم 07 يضم وردات الرياح لمنطقة باب الواد طيلة أشهر عام 2008 .



شكل رقم 07 : وردات الرياح لباب الواد خلال أشهر عام 2008 .
عن وزارة البيئة وتهيئة الإقليم ، المرجع السابق ، ص 38 – 39 .

[1] - محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 87 .
[2] - Torraca G , Op Cit , P 376 .
[3] - محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 87 .

❖ **الاهتزازات و الزلازل :**

تحدث هذه الاهتزازات نتيجة لحركة النقل الثقيل من قطارات وسيارات وطائرات ، إذ أن أغلب المباني القديمة لم تصمم لتتناسب واحتياجات المرور الحديثة ، ولهذا فإنها يمكن أن تسبب زيادة في معدلات تحلل مواد البناء ([1]) ، وتعرف مدينة الجزائر حركة مرورية كثيفة من المركبات ما يؤدي إلى الاهتزازات والتلوث .

أما عن القصف أثناء الحروب فخطره أشد إذ أنه يمكن أن يقضي على المعلم نهائيا في حالة استهدافه مباشرة ، أما في الحالات التي تستهدف فيها الأماكن القريبة من المعلم فإن الهزات التي تحدثها سقوط القذائف تعمل على تشقق المبنى وسقوط الأجزاء المتدهورة منه (وقد تعرضت القصبة لعدة حملات أوربية منذ نشأتها تمت فيها قنبلة المدينة إما بشكل مباشر أو عشوائي ، وهذا ما خلف أضرارا كبيرة على بنيان المدينة) .

أما الزلازل التي هي عبارة عن ارتجاف أو تحرك عنيف في الصخور القريبة من سطح الأرض ، يتراوح زمنها مابين 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 ([2]) ، تقوم الزلازل بالتأثير على المبنى بقوة أفقية كبيرة واهتزازات عرضية نتيجة تحركات التربة ، مما يؤدي إلى انهيار المبنى في حالة افتقاره للهياكل المقاومة للزلازل ([3]) ، كما تؤدي غالبا إلى حدوث شقوق وتصدعات على الجدران ، وقد تعرضت مدينة الجزائر لعدة هزات أرضية أدت إلى انهيار وتصدع العديد من المباني .

3.2.1.1 _ العوامل البيولوجية :

يمكن للعديد من النباتات والحيوانات والكائنات الحية المجهرية أن تستعمر بسهولة الحجارة المستعملة للبناء أو التزيين ، كما أنها مسئولة عن الكثير من التدهور الذي نشاهده على المعالم الأثرية ، وعادة ما يساعد التلوث في ظهور العوامل البيولوجية خاصة الكائنات المجهرية التي تستعمل الآزوت والكبريت في تغذيتها ، ولا يمكننا عزل

[1]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 115 .
[2] - باشا سعد حسن صالح ، الجيولوجيا العامة والبيئة ، ط 2 ، دار زهران للنشر والتوزيع ، الأردن ، 1996 ، ص 103 .
[3]- واكد خليل إبراهيم ، المرجع السابق ، ص 82 .

التلف البيولوجي لأنه غالبا ما يكون مصحوبا بتلف كيميائي أو ميكانيكي أو فيزيو-كيميائي .

❖ **النباتات :**

غالبا ما تنمو النباتات على المباني الأثرية سواء على الأرضيات أو الجدران وبين الشقوق في الحجارة ، وقد تنمو حتى تصبح أشجارا ، وتسبب هذه النباتات تشققا وتصدعا في المباني ، بالإضافة إلى تأثيرها الكيميائي على مواد البناء من خلال الإفرازات الحمضية التي تفرزها الجذور ، كما تشوه منظر البناء ([1]) ، وبالتالي تسبب النباتات تلفا ميكانيكيا وكيميائيا وفيزيائيا ، بحيث يسبب نظامها الجذري تدهورا كبيرا إذ يدخل في الشقوق و الوصلات التي بين الحجارة (الملاط) ، ويطبق ضغوطا كبيرة تكفي لتكسير الحجارة وتجزئها ، وتنمو النباتات في المناطق الرطبة والغنية بالأملاح ([2]) .

❖ **الكائنات الحية المجهرية :**

هناك الكثير من الكائنات الحية المجهرية التي تنمو على الحجارة ، ويتم التعرف عليها من خلال المستعمرات التي تشكلها على السطح والتي لها ألوان وأشكال مختلفة تبعا لنوع الكائن الحي ، وتحتاج هذه الكائنات لنموها كل من الضوء والماء و العناصر الغذائية المعدنية أو العضوية كالكبريت والآزوت الموجودة في الجو والأملاح من الحجارة ، وأهم هذه الكائنات هي : البكتيريا والفطريات والطحالب والأشنات ([3]) .

✓ **البكتيريا والفطريات :**

البكتيريا هي كائنات حية أحادية الخلية بدون نواة لها غشاء سيتوبلازمي ، وتكون بأشكال مختلفة إما عصيات بزوائد أو بدون زوائد ، أو كروية بالنسبة للكوكسي coccI ، ويمكن أن تكون البكتيريا ذاتية التغذية وهي التي تؤمن حاجاتها الغذائية بأكسدة المركبات المعدنية ، وتؤدي إلى إنتاج أحماض نترية و كبريتية ومن أنواعها البكتيريا المؤكسدة للآزوت والكبريت و الحديد ، أما البكتيريا عضوية التغذية فتحتاج إلى المركبات العضوية

---

[1]- عزت زكي حامد قادوس ، المرجع السابق ، ص 256 .

[2]- Beck Kévin , Op Cit , P 23 .

[3]- Caneva Giulia , Salvadori Ornella , " Altération biologique de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation des pierres , N° 16 , UNESCO , Venise , p 143 .

كمصدر للهيدروجين والكربون ، وتؤدي إلى إنتاج أحماض عضوية كالأكزاليك و حمض أسيتوغلوكونيك ، وتحتاج البكتيريا لوسط ملائم من الحرارة والرطوبة و معامل الحموضة (pH) ([1]) .

ويمكن للبكتيريا أن تنمو على الحجارة الكلسية خاصة وتحدث أضرارا كبيرة بالرغم من دقة حجمها ، حيث يمكنها أن تعمل على تشكل الجبس على الحجارة الكلسية ، والذي يكون ناتجا عن فعل الثيوباكتيري Thiobactéries التي تستعمل مركبات الكبريت المختزلة أو الكبريت العنصري لإنتاج أيونات السولفات SO_4^{-2} والتي عند تفاعلها مع أيونات الكاليسيوم Ca^{+2} للحجارة وبوجود الماء يتشكل الجبس $CaSO_4.2H_2O$ ([2]) .

كما تهاجم البكتيريا النيترية الحجارة الكلسية باعتبارها مصدرا للكربون ، وتنتج أحماض النيترو والنيتريك انطلاقا من النشادر NH_3 والتي توجد بكثرة في المحيط الملوث ، ويتحول سطح الحجارة إلى مسحوق نتيجة لتكون نيترات الكاليسيوم والجبس وفق المعادلة التالية :

$$2CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4 + 4O_2 \longrightarrow Ca(NO_3) + CaSO_4 + 2CO_2 + 4H_2O$$. ([3])

تنتج البكتيريا عضوية التغذية حمض الأكزاليك والذي يهاجم الحجارة الكلسية ، ويؤدي إلى تشكل أكزالات الكاليسيوم التي تعطي للسطح اللون المغري ocre ([4]) .

أما الفطريات فهي كائنات ذاتية التغذية ذات بنية خيطية ليفية لها هيفات Hyphes تسهل لها الدخول في الأساس الصخري ، ويكون تأثير الفطريات على الحجارة مضاعفا ميكانيكي وكيميائي ، بحيث تكون مساهمتها في التلف مرتبطة بشكل خاص بفعلها الكيميائي ، إذ تنتج الفطريات الأحماض الكربونية والنيترية والسولفريك و العديد من

1- Roquebert M.F , Les contaminants biologiques des biens culturels , Imprimerie Bialec SA , France , 2002 , P p 13 – 15 .

2- Caneva Giulia , Salvadori Ornella ,Op cit , p 152 .

3- Idem , p 153 .

4- Beck Kévin , Op Cit , P 23 .

الأحماض العضوية الأخرى مثل : السيتريك ، الأكزاليك ، الغلوكونيك ، اللاكتيك و الفوماريك ، ويمكن لهذه الأحماض أن تذيب الكلس والمعادن السليكاتية ([1]) .

✓ **الطحالب :**

هي نباتات بسيطة جدا تعيش في الأماكن الرطبة أو المياه سواء العذبة أو المالحة ، يمكن أن تظهر في شكل وحل أخضر أو بني اللون وهي هوائية ولها تمثيل ضوئي ([2]) ، ومن أكثر الأنواع نموا على الحجارة هي السيانوفيسي cyanophycées الطحالب الزرقاء ، والكلوروفيسي chlorophycées الطحالب الخضراء ، بحيث يعد النوع الأول جسيمات وحيدة الخلية مصبوغة بالأزرق المخضر ، تنمو في الأوساط الرطبة القليلة أو المنعدمة الإضاءة وتؤدي إلى تجمعات سوداء لزجة ، أما الطحالب الخضراء فهي متعددة الخلايا تحتوي على نويات وبروتوبلازمات بعضها غني باليخضور تسمح بالتركيب الضوئي ، وتنمو عادة في المناطق المضاءة والرطبة والمعزولة عن أشعة الشمس المباشرة ([3]) .

يمكن لهذه الطحالب أن تستقر على الحجر في وجود الضوء والمركبات المعدنية اللاعضوية التي تستخلصها من الحجر نفسه ، بحيث يمكن أن تشكل قشرة وطبقة ، وتكون الطبقة واسعة وسميكة تتألف من ألوان مختلفة ، أما القشرة فتكون رقيقة وصلبة وأحيانا تكون خضراء ولكن في غالب الأحيان تكون رمادية أو سوداء وهذا على حسب الرطوبة والإضاءة ، وتساعد طبقة الطحالب على جلب الغبار وترسبه على الصخر كما تجعل المكان الذي تنمو فيه أكثر رطوبة (صورة رقم 06) ، وبالتالي تفتت الصخر وتجعل المكان خصبا لظهور كائنات أخرى مثل البكتيريا والفطريات والأشنات ، كما أن البعض من هذه الطحالب تمتص أو تذيب

صورة رقم 06 : أثر الطحالب ودورها في ترسب الغبار وتآكل الحجارة ، من تصوير الطالبة .

[1]- Caneva Giulia , Salvadori Ornella ,Op cit , P p 153 , 154 .

[2]- كرونين ، روبنسون ، المرجع السابق ، ص 22 .

[3]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R . A , Op Cit , P 93 .

الكربونات حتى تستعملها في التركيب الضوئي ، بالإضافة إلى فعلها الميكانيكي عند جفافها بحيث يتقلص حجمها مما يتسبب في إزالة طبقة رقيقة من سطح الحجارة ([1]) .

هناك بعض الأنواع من الطحالب تثقب الحجر وتسبب انتفاخ وانفلاق الصخور ، كما تحلل الأسطح الخارجية من الحجر ([2]) .

✓ **الأشنات :**

الأشنات هي عبارة عن نباتات يخضورية ناتجة عن تعايش فطر وطحلب ، إذ يقوم الطحلب بعملية التركيب الضوئي في حين يقوم الفطر بتوفير الماء والأملاح المعدنية ، وتحتاج الأشنات لنموها كل من الضوء والرطوبة و الآزوت ([3]) ، وهناك أنواع كثيرة من الأشنات منها الكبيرة والورقية (صورة رقم 07) و المجهرية كما أنها يمكن أن تكون بلون أصفر أو أبيض أو رمادي ، وتنمو إما على سطح الحجارة épilithique أو داخلها endolithique ، وتتواجد بكثرة في المناطق غير الملوثة ، تمارس الأشنات فعلا ميكانيكيا وكيميائيا إذ تتشبث الأشنات على الأسطح الحجرية باستعمال الرهيزين rhizines الذي هو عبارة عن جذور فطرية ، ويمكن لهذه الجذور أن تدخل لعمق يتراوح من 300 ميكرون إلى 16 ملم تبعا لنوع وطبيعة الحجارة ما يسبب إنحتاتا ميكانيكيا ، كما تحتوي أنواعا أخرى على مخالب للتثبت والتي عند تعاقب دورات الترطيب والجفاف تؤدي إلى تمدد وتقلص هذه المخالب مؤدية إلى إزالة طبقات رقيقة من الأساس الصـــخري ، أما عن فعلها الكيميائي فيتمثل في الأحماض التي تنتجها في عملية الأيض والتي تعمل على تفكيك الحجارة وتشكيل ثقوب مجهرية ([4]) ، صورة رقم 08 .

---

[1]- Caneva Giulia , Salvadori Ornella ,Op cit , P p 154 , 155 .

[2]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 110 – 111 .

[3]- Roquebert M.F , Op Cit , P 55 .

[4]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R . A , Op Cit , P p 95 , 97 .

صورة رقم 07 : نوع من الأشنات الورقية ، عن : ICOMOS , Op Cit , P 69 .

صورة رقم 08 : الثقوب الدقيقة التي تتركها الأشنات على الحجارة ، عن ICOMOS , Op Cit , P 41 .

❖ **الحيوانات :**

وتتمثل في القوارض والحشرات والطيور و الثدييات ، ولهذه الكائنات فعل مدمر على المباني التاريخية سواء بفعلها الميكانيكي أو الكيميائي ، فمـــثلا كل مـــن القـــوارض (الفئران ، الجرذان) و الحشرات (النمل بأنواعه ...) تعمل على حفر خنادق داخل المباني سواء في الجدران أو الأرضيات ، بحيث بإمكانها إزالة المادة الرابطة بين الحجارة وإضعاف أساسات المبنى وذلك بإخراج الأتربة لحفر أنفاقها ([1]) ، أما الطيور فقد تتخذ من بعض الأماكن أعشاشا لها وذلك سواء بنحتها في حجارة المبنى أو بجلب مواد مثل الحشائش الجافة و الأغصان لإقامة أعشاشها ، وللعلم أن هذه المواد قابلة للاشتعال في حال حدوث حريق .

أما عن الفعل الكيميائي فيكون نتاجا لفضلات هذه الحيوانات ، والتي تكون في الغالب حمضية مثل : الفوسفات ، الصوديوم ، البوتاسيوم والأزوت التي تتحول إلى أحماض قوية في وجود الرطوبة (حمض الفوسفوريك ، حمض النيتريك) والتي عند اتحادها مع الكربونات تشكل كربونات الفوسفات $Ca_3(PO_4)_2$ وكربونات النيترات $Ca_3(NO_3)_2$ وتحدث تآكل للصخور الجيرية ([2]) .

[1]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 257 .

[2] - Giulia Caneva , Ornella Salvadori , Op Cit , P p 158 – 159 .

4.2.1.1 _ العوامل البشرية :

يعتبر العامل البشري من أشد العوامل خطورة لسرعة ظهور تلفه ، ولشدة التلف الذي يسببه والتي قد تكون بسبب جهله أو عن نية وقصد أو دون قصد ، ومن أهمها هي عمليات الترميم بمواد لا تتلاءم مع مواد البناء الأصلية ، أو عند الحروب والحرائق أو بسرقة المواد وتشويهها بالكتابات .

❖ **الحرائق :**

غالبا ما يتسبب الإنسان في إشعال الحرائق التي تأتي على الأخضر واليابس ، وتسبب النار في فناء مادة الخشب المستعملة في المباني (أبواب ، نوافذ ، أسقف ...) ، كما تحرق الحجر الكلسي وتضعف من مقاومته وتجعله قابلا للتفتت والذوبان ، كما تعمل على تصدع المبنى وانهياره بالكامل في بعض الأحيان ([1])، كما تسبب الحرائق في تكوين طبقة سوداء على المبنى (الحجارة) نتيجة الدخان المتصاعد ، كما تتفكك كاربونات الكاليسيوم في 700°م فما فوق وتقود إلى ضعف في المقاومة الميكانيكية ([2]) ، وقد تعرضت القصبة لحريق كبير عام 1724 والذي دمر ربع المدينة تقريبا ([3]) .

❖ **الحروب :**

يزداد خطر الحروب على المباني التاريخية كلما تقدمت وتطورت آلة الحرب وأسلحتها ، فمنذ القديم كان العدو يلجأ إلى تخريب المدن وإشعال النار فيها ([4])، أما اليوم فيكفي أن تلقي قنبلة نووية من السلاح الجوي لتمحي مدينة كاملة عن الوجود ، وما أكثر المعالم والمدن التي أفنتها الحروب ، وكما نعلم أن مدينة الجزائر تعرضت لعدة حروب وحملات وجهت ضدها من الأساطيل الأوربية الإسبانية والفرنسية ، و أعنف هذه الحروب هي حرب ثروة التحرير من الاستعمار الفرنسي ، والتي راحت فيها الأرواح والمباني .

---

[1]- الريحاوي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 20 .
[2]- Torraca G , Op Cit , P 377 .
[3]- Missoum Sakina , Les maisons traditionnels d'Alger à l'époque Ottoman , CDN° 2 , P 5 .
[4]- الريحاوي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 20 – 21 .

❖ **أعمال الهدم والتدمير :**

يمكن تقسيم هذا العامل إلى قسمين : أعمال غير منظمة وأعمال منظمة .

_ **أعمال غير منظمة :** ويقوم بها الناس العاديون في ضعف الرقابة بحيث تجعل المباني المهجورة مقلعا للحجارة ، بالإضافة إلى سرقة ما فيها من كنوز (فسيفساء ، تيجان وأعمدة وألواح جصية ...) ([1]) ، ويمكن أن ندرج أيضا استخدام وسائل معيشية حديثة في المباني القديمة بشكل مشوه لها مثل : أسلاك الكهرباء والهاتف ومياه الشرب والصرف الصحي ، بحيث تؤدي هذه التغيرات إلى إحداث تغيير في التخطيط الداخلي للمبنى والاستغناء عن بعض العناصر فيه بحسب الوظيفة التي سيشغلها ([2]) .

_ **أعمال منظمة :** وتتمثل في الخصوص في المشاريع التنموية الحديثة كانجاز المدن أو توسيعها ، وانجاز المشاريع الكبرى كالطرقات ([3]) ، أما بالنسبة لمدينة الجزائر والقصبة خصوصا فقد تعرضت لعدة عمليات توسيع أكبرها في الفترة الفرنسية التي دمرت العديد من شواهد المدينة لتفتح الشوارع وتقيم العمارات الغربية الطراز ، ولم تبقي إلا على مساحة صغيرة من المدينة القديمة المعروفة حاليا بالقصبة .

❖ **الترميمات الخاطئة :**

من الأخطار التي تتعرض لها المباني الأثرية تلك الأخطاء التي يقع فيها المرممون حديثو العمل أو قليلو الخبرة في التعامل مع المقتنيات الأثرية ، مما يؤدي إلى طمس معالم البناء أو تغيير عناصره أو إزالة عناصر كانت بالفعل موجودة أو استحداث أخرى ، ومن أهم هذه الترميمات : استعمال الإسمنت والمواد غير المتجانسة مع المادة الأصلية ومع المنطقة مثلا استعمال ملاط الجبس في المناطق الرطبة بحيث تتسبب الرطوبة المرتفعة في إذابة جزء من كبريتات الكاليسيوم ، وتسرب المحلول إلى أماكن مختلفة من البناء ثم تبلور محاليله ([4]) .

---

[1]- الريحاوي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 21 .
[2]- السيد محمود البنا : المدن التاريخية خطط ترميمها وصيانتها ، ط 1 ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة ، 2002 ، ص 33 .
[3]- المرجع نفسه ، ص 34 .
[4]- شاهين عبد المعز ، طرق صيانة وترميم الآثار و المقتنيات الفنية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، مصر ، 1993 ، ص 171 .

وقد أدى استعمال المواد الحديثة في مباني القصبة ومنها الإسمنت في تشويه المنظر العام لها ، زيادة على التلف التي تسببه هذه المادة على باقي المواد باعتبارها مصدرا للأملاح و عدم تجانسها مع المواد القديمة ، كما تم استعمال الجبس في طلاء بعض العناصر المعمارية التي تفتتت أو فقدت أجزاء منها ، إضافة إلى تدعيم بعض المباني بالحديد غير المعزول والذي تعرض للصدأ و التآكل ، كما تم بناء بعض الجدران التي تداعت بالاسمنت والأجر الجديد الذي شوه المنظر العام ، زيادة على استعمال بعض الأنواع من الراتينجات لإلصاق الأعمدة التي انكسرت والتي تغير لونها وأصبح صدأ لتأكسده بفعل الضوء وفيما يلي صور عن هذه الترميمات والتدخلات السيئة رقم 09 ، 10 و 11 .

صورة رقم 09 : استعمال الإسمنت و الآجر الجديد ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 10 : استعمال ملاط من الجص ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 11 : استعمال تدعيمات حديدية ، عن الأستاذ حميان مسعود .

2.1 _ مظاهر التلف ونتائجه :

تترك مختلف عوامل التلف مظاهرا ونتائج واضحة على المعالم الأثرية ، والتي تختلف تبعا للعوامل المتسببة فيها ومن أكثرها شيوعا نجد ما يلي :

1.2.1 _ تشقق الحجارة وانكسارها :

تشاهد هذه الظاهرة بكثرة على المباني الأثرية الحجرية ، والتشققات هي عبارة عن فتحات طولية أو عرضية بمقاسات مختلفة قد تكون مجهرية كما يمكن أن تكون كبيرة تصل إلى عدة سنتيمترات ويمكنها أن تقسم الحجارة إلى أقسام أو أجزاء تسقط فيما بعد ،

وتنشأ الشقوق عادة عن دورات الجليد والذوبان ، كما يمكن أن تنتج عن جذور النباتات أو نتيجة الزلازل والاهتزازات ، أو نتيجة القطع الحديدية التي يتم غرسها في الحجارة وهذا عند صدأها و زيادة حجمها والصور التالية رقم 12 (أ،ب،ج) توضح ذلك .

صورة رقم 12 (أ) : مظهر لتشقق حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 12 (ب) : مظهر لشق طولي ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 12 (ج) : انفصال ناتج عن قطعة الحديد الصدئة ، من تصوير الطالبة .

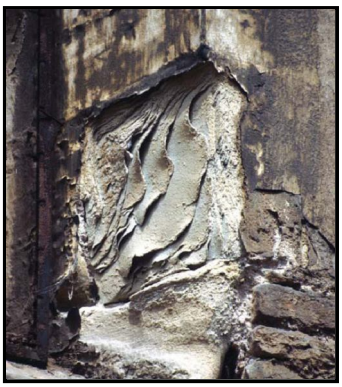
2.2.1 _ التقشر والتصفح :

التقشر هو عبارة عن انفصال جزئي في شكل طبقات رقيقة (ورقات) أو يكون في شكل صفائح ، وتميز هذه الظاهرة حجارة الطفو وتظهر في المناطق المعرضة للأمطار أو للصعود المياه بالخاصية الشعرية والتي تعرف تبخرا كبيرا مثل الجدران المهواة جيدا ، و في حجارة الزوايا وأطر النوافذ ، كما نجدها في المناطق التي بها قنوات لتصريف مياه الأمطار ، وتوجد هذه الصفائح بعيدة عن التراصف الطبقي وتكون موازية لسطح الجدار ، وهي مختلفة عن التشظيات الناتجة عن الجليد والإنفصالات الناتجة عن التمدد المائي ، ويتم تشكل هذه الصفائح نتيجة لتبخر الماء وتتبلور وتترسب الأملاح داخل مسام الحجارة محدثة ضغطا كبيرا ، ونتيجة لتعاقب دورة البلل والجفاف يزداد الترسب ويؤدي إلى تشقق على طول هذا الخط مسببا تشققا للحجارة ، ويمكن لهذه الصفائح أن تنفصل وتسقط فاتحة الطريق لظاهرة تلف أخرى كالتفتت أو التنخرب ([1]) ، والصور التالية رقم 13 (أ،ب،ج) توضح ذلك .

[1]- Beck Kévin , Op Cit , P p 18 – 20 .

صورة رقم 13 (أ) : مظهر لصفائح في حجارة الزاوية ، عن , Beck Kévin Op Cit , P 19 .

صورة رقم 13 (ب) : تصفح ناتج عن جريان الماء ، عن Beck Kévin , P 19 .



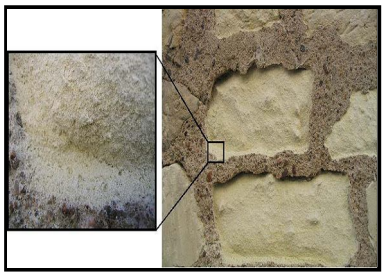
صورة رقم 13 (ج) : صفائح متعددة في شكل تورق ، عن , ICOMOS Op Cit , P 19 .

3.2.1 _ التفتت :

التفتت هو تحول السطح إلى حبيبات ويسبب هذا النوع من التحلل الأملاح القابلة للذوبان ، ويحدث عندما يجف الحجر المشبع بالماء أو عندما يتعرض لرطوبة متقلبة نســـبيا ، ويتفاقم الأمر عندما يحتوي السطح على طبقة غير مسامية تمنع الأملاح من التحرك إلى السطح ([1]) ، كما تؤدي الطحالب والأشنات إلى تفتت السطح بفعل الأحماض التي تنتجها التي تعمل على إذابة الحجارة الكلسية ، كما يمكن أن يكون عدم التجانس بين المواد سببا في التفتت ، وفيما يلي صور رقم 14 (أ،ب،ج) توضح هذه الظاهرة .

صورة رقم 14 (أ) : مظهر للتفتت ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 14 (ب) : تفتت حجر رملي ، عن ICOMOS , Op Cit , P 45 .

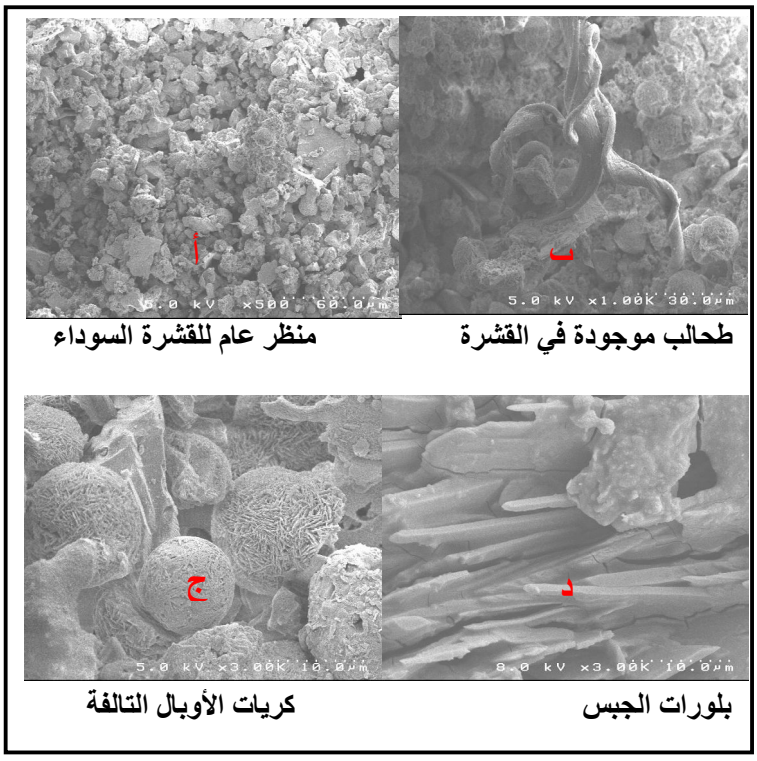


صورة رقم 14 (ج) : تفتت ناتج عن تأكل السطح لعدم التجانس ، عن , Beck K Op Cit , P 25 .

[1]- كرونين ، روبنسون ، المرجع السابق ، ص 160 ، 161 .

4.2.1 _ القشور أو الترسبات السوداء :

وهي عبارة عن طبقة سوداء ناتجة عن التلوث خاصة وتكون في الأماكن الرطبة و المحمية من الأمطار حيث يتم تبخر المحاليل الملحية الآتية من الصخر ، وتتشكل أساسا من ترسب الجزيئات المجهرية السوداء (الغبار الجوي و الأدخنة) المترابطة بواسطة تلبد الملح المتبلور من الحجارة وأهمها الجبس ، ويكون ارتباطها على الحجارة المسامية أشد ، بتوالي الترطيب تضعف هذه القشرة وتنفصل آخذة معها طبقة رقيقة من سطح الحجارة ، ما يجعل الحجر هش ومتفتت لعدة مليمترات ([1]) ، وفيما يلي صور رقم 15 (أ،ب،ج،د) و 16 (أ ، ب) توضح هذه الظاهرة .



صورة رقم 15 (أ،ب،ج،د) : منظر للقشرة السوداء بواسطة المجهر الالكتروني ، عن Beck K , Op Cit , P 41 .

صورة رقم 16 (أ) : تقشر الطبقة السوداء وتركها السطح هشا ومتفتتا ، عن Beck K , Op Cit , P 16 .

صورة رقم16 (ب) : أثر التلوث على حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .

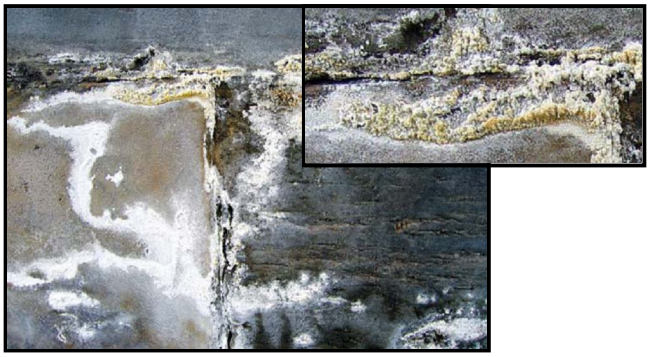
5.2.1 _ تزهر الأملاح :

تظهر على المباني التي لا تكون أساساتها معزولة من الصعود الشعيري للمياه ، وهي عبارة عن هالات تظهر عادة في الأجزاء السفلية من الجدران ، ويمكن لهذه

[1]- Beck Kévin , Op Cit , P p 15- 17 .

التبلورات أن يكون لها أشكال متعددة (تزهرات زغبية ، متفتتة ، متقشرة ...) وهذا تبعا لنوع الملح و طبيعة الحجر ، وعند تبخر المياه تتبلور الأملاح على السطح أو داخل مسام الحجارة ([1]) ، ومن أكثر الأملاح انتشارا على المباني نجد كل من مركبات الكبريتات ($NaSO_4.10H_2O$, $MgSO_4.7H_2O$, K_2SO_4 , $CaSO_4.2H_2O$) والكاربونات ($NaH(CO_3)_2H_2O$, $Na_2CO_310H_2O$, $CaCO_3$) والنيترات ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$ KNO_3 , $NaNO_3$) و مركبات الكلورور (KCl , NaCl , $CaCl_2.6H_2O$) ، وعن أهم مصادر لهذه الأملاح نجد كل من استعمال الإسمنت كملاط أو تكسية و الآجر ومياه البحر بالإضافة للتربة والتلوث الجوي والنشاطات الكائنات المجهرية ([2]) ، والصور رقم 17 (أ،ب) توضح ظاهرة التزهر .

صورة رقم 17(أ) : ظاهرة تزهر الأملاح على حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .



صورة رقم 17 (ب) : تبلور الأملاح ، عن : ICOMOS , Op Cit , P 49 .

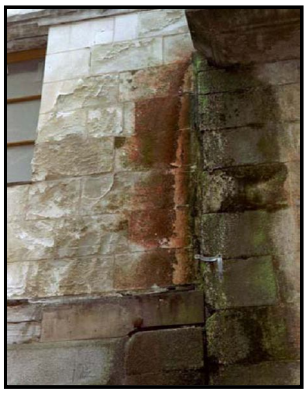
6.2.1 _ تغير اللون :

ينتج تغير اللون عن الأمطار وقنوات صرف مياه الأمطار التي تحتوي على خلل يسمح للماء أن يتدفق ، ما يسبب غسلا وتعرية للسطح المار من خلاله مما يؤدي إلى تغير في اللون ويصبح أكثر خفتا (فاتح) ، كما يتجمع الغبار ودخان السيارات على السطح ، إضافة إلى المستعمرات البيولوجية التي تظهر على سطح الحجارة وتغير لونه

[1]- Beck Kévin , Op Cit , P 17.

[2]- Mertz J.D , Altération des matériaux des patrimoine : Influence des contaminants et de la nature des substrats, 18ème journées scientifiques de l'environnement , LRMH , 03 Mai 2007 , P p 10 , 11 .

منها ما هو أخضر أو بني أو رمادي أو أبيض على حسب النوع الذي ينمو ، كما ينتج عن صدأ الحديد ، وفيما يلي صور توضح هذه الظاهرة رقم 18 (أ،ب،ج) .



صورة رقم 18 (أ) : تغير اللون نتيجة للطحالب ، عن : Beck , Op Cit , P 23 .

صورة رقم 18 (ب) : تغير اللون بفعل تراكم الغبار ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 18 (ج) : تغير اللون نتيجة الأمطار والتلوث ، من تصوير الطالبة .

2 _ الصيانة :

الصيانة أو الحفظ هي عملية ترنو في المقام الأول إلى المد من عمر التحفة ، وذلك بإتباع الأساليب الوقائية لمنع تدهورها سواء الطبيعي أو الناتج عن حادثة ما وذلك لفترة زمنية معينة طويلة أو قصيرة ، وتهدف الصيانة إلى إطالة عمر المقتنيات الثقافية دون اللجوء إلى المساس بكمالها ومدلولاتها ، مع مراعاة المبادئ السبعة الأساسية للصيانة والترميم كاستعمال مواد رجعية ومتلائمة مع المادة الأصلية ، إضافة على محدودية التـــدخل وتدوينه ([1]) ، وهناك صيانة وقائية وصيانة علاجية تهدف الأولى إلى إيقاف العوامل المسببة في التلف ، بينما تصبو الثانية إلى معالجة المظاهر الناتجة عن التلف وقد تدخل في مجال الترميم ، وينبغي قبل أي تدخل على المعلم أن تكون هناك دراسة تاريخـــية ومعمارية ، إضافة للتشخيص السليم لعوامل التلف وفهم آليته لأنه سيساهم في استعمال حلول و مواد فعالة للحد من تأثيره ، وتختلف طرق الصيانة باختلاف التلف ومظهره ، وأهم عمليات الصيانة هي كما يلي :

[1]- بردوكو ماري .ك ، الحفظ في علم الآثار : الطرق والأساليب العلمية لحفظ و ترميم المقتنيات الأثرية ، ترجمة : محمد أحمد الشاعر ، المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة ، المجلد 22 ، مصر ، 2002 ، ص 4 ، 5 .

1.2 _ التنظيف :

هو مرحلة مهمة قبل أي عملية تدخل ، ففي كثير من الحالات تتراكم الأتربة على سطوح الأحجار وتتداخل في مساماتها ، ويمكن للأدخنة أن تشكل طبقة عليها كما يمكن أن تغطى أسطح الحجارة بالطحالب والأشنات ([1]) .

التنظيف هو عبارة عن إزالة القشرة السطحية والغبار المترسب على الحجر ، ولا يجوز التنظيف إلا إذا كانت الطبقة الداخلية للحجر سليمة أو بعد تقويتها ، وهناك من يرى أن إزالة القشرة الخارجية هي إزالة لقشرة الزمن – طبقة الحماية – وأن الطرق المستخدمة تؤثر على أصالة المادة ، وبإزالة هذه القشرة سيزال معها جزء من الحجر مهما صغر ، وللحفاظ على هذا الجزء يجب أن تكون طرق التنظيف حذرة وموثــوق منها ([2]) .

وقبل البدء في عمليات التنظيف المختلفة ينبغي مراعاة بعض الشروط منها :

_ أن يحافظ على القشرة patine الأصلية .

_ التحكم في عمليات وطرق التنظيف بقدر الإمكان ، وعدم ترك مواد قد تتسبب في تلف جديد سواء كانت شقوقا أو عيوب أخرى قد تساهم في تسريع معدلات التلف .

_ عند تنظيف الأملاح من على الجدران الرأسية يبدأ من أعلى إلى أسفل لتفادي تلوث المناطق مرة أخرى .

_ يجب أن تخضع أساليب وطرق التنظيف لتقييم مستمر قبل استخدامها ، فينبغي أولا التأكد من أن حالة الحجر تسمح بذلك ، وفي حالة تلف الأسطح المنقوشة أو الملونة يمكن استخدام مقويات مناسبة بشكل سطحي أو للتخلل العميق ، وبعد جفافها يمكن البدء في عمليات التنظيف على حسب كل حالة ([3]) ، ويمكن تقسيم التنظيف إلى : تنظيف ميكانيكي ، و تنظيف كيميائي .

---

[1]- شاهين عبد المعز ، المرجع السابق ، ص 202 .

[2]- دبورة جورج ، هزار عمران ، المباني الأثرية ترميمها وصيانتها والحفاظ عليها ، المديرية العامة للآثـار والمتاحف ، دمشق ، 2005 ، ص 169 .

[3]- قادوس عزت زكي حامد ، علم الحفائر ... ، ص 218 – 219 .

1.1.2_ التنظيف الميكانيكي :

يتم باستخدام الطرق العادية كالفرشاة و المكشطة و الماء وذلك لإزالة الغبار والعوالق الموجودة على سطع الحجر ، ويمكن بهذه الطريقة إزالة بعض الأملاح وبقايا أعشاش بعض الحشرات بالإضافة إلى إزالة الكائنات المجهرية (الطحالب والأشنات) ، وذلك باستخدام أجهزة وطرق مختلفة ([1]) ، ومن أهمها مايلي :

1.1.1.2 _ رذاذ الماء :

طريقة التنظيف باستخدام رذاذ الماء عملية متخصصة جدا ، وتؤدي إلى تحلل قشرة السناج التي قد تغطي الأحجار ، لأن نقط المياه الدقيقة جدا تتعلق في الهواء مكونة سطحا نوعيا كبيرا ، وخالقة لسطح بيني متسع عندما تترسب على سطح الحجر([2]) ، وتستخدم هذه الطريقة على الأسطح الصلبة لفترة حتى تصبح لينة وقابلة للذوبان أو الإزالة ، ولكن مع استخدام كمية محدودة من الماء حتى نتجنب هجرة الماء داخل المسام وتبلور الأملاح ([3]) ، ويتمثل أساسه في رش الماء تحت ضغط ضعيف أقل من 4 بار بهدف تليين القشرة وإزالة الغبار بحيث تتراوح حرارة الماء من 20 إلى 90°م ، مع استخدام مياه مقطرة لتفادي مشكل الأملاح ، ولا ينصح باستعمال طريقة ضخ المياه بضغط كبير لقدرتها على النفوذ داخل مسام الحجارة وترطيبها مما يؤدي إلى تفكك المعادن المكونة للحجارة ([4]) .

أما التنظيف بالبخار فتعتبر طريقة مضرة لاستعمالها الماء الساخن الذي يسرع التفاعلات الكيميائية في الصخر ([5]) ، حيث تتراوح حرارته من 120°م إلى 160°م ، في حين يقدر الضغط المستعمل من 0.2 إلى 1 ميقا باسكال (من 2 إلى 10 بار) ([6]) .

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد : مبادئ صيانة ... ، ص 91 .
[2]- توراكا جورجيو ، تكنولوجيا المواد ... ، ص 175 .
[3]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 219 – 220 .
[4]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , Op Cit , P 115 .
[5]- Mamillan Marc , Op Cit , P 43 .
[6]- Thijs Laurent , Nettoyage et protection des façades : Nettoyage , Hydrofugation , Antigraffitis , Consolidation , CSTC Centre Urbain , 20 Juin 2007 , P 16 .

2.1.1.2 _ طريقة الدفع بالرمل :

وهناك طريقتان إما باستخدام الرمل الجاف أو الرطب ، وكلاهما لا ينصح بهما لقدرة الرمل على كشط الطبقة السطحية للحجارة .

_ الدفع بالرمل الرطب :

يتكون من خليط من الرمل والماء ويجب الأخذ بعين الاعتبار نسبة الماء للرمل ، وكذلك حجم الحبيبات وحجم ضغط الهواء والمسافة بين بداية المخرج والحجر ، وهذه الطريقة لا ينتج عنها تربة تكون ضارة بالصحة والبيئة ، ويجب أن يتبعها شطف بالماء وهذه الطريقة تستخدم عندما تكون عوالق القشرة الضارة كثيرة ، ولا ينصح باستخدامها في المباني الأثرية العالية القيمة ، لأنه يمكن أن ينتج عنها هجرة الأملاح إلى داخل مسام الحجر ([1]) .

_ الدفع بالرمل الجاف :

تكون بنفس الطريقة ولكنها جافة (دون استخدام الماء) ، تسبب ضياع الطبقة السطحية للحجر الذي يتم تنظيفه وتعريض سطح جديد لعمليات التلف ، كما يسبب النسف بالحصى ظهور سطح جديد غير منتظم ([2]) ، بالإضافة إلى تغيير في الأجزاء المزخرفة والمحفورة ، علاوة على انتشار كمية كبيرة من الغبار ولذلك ينصح بوضع قناع للتنفس واستعمال جهاز لامتصاص الغبار aspirateur ، والعمل ببطء وبدقة كبيرة لتفادي إتلاف سطح الحجارة ([3]) .

3.1.1.2 _ طريقة تيار الهواء مع الحبيبات الدقيقة :

تتم عملية النسف باستخدام أجهزة تطرد الحبيبات بقوة كبيرة وبسرعة عالية في صورة عمود دقيق جدا ، ويمكن تطبيق هذه الطريقة على مساحة محددة والمطلوب نظافتها فقط ، إذ يمكنها إزالة الطبقات السميكة أو الرواسب الصلبة غير المرغوب فيها مثل الإسمنت والقشور السوداء دون إحداث ضرر سطحي على الحجارة ([4]) ، إذ يتم

---

[1]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 221 .
[2]- توراكا جورجيو ، المرجع السابق ، ص 174 .
[3]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , Op Cit , P 116 .
[4]- توراكا جورجيو ، المرجع السابق ، ص 176 .

استخدام جهاز به خزان لمسحوق المادة الكاشطة موصول بنظام لمزج وقذف الحبيبات بالغاز أو بالهواء ، ويمكن أحيانا استعمال الآزوت أو غاز كاربوني ، أما الأداة القاذفة فتشبه القلم تنتهي بفوهة والتي لها عدة أشكال تسمح بتغيير كمية المادة الكاشطة المراد قذفها ، ويجب عند العمل بهذا الجهاز مراعاة طبيعة المادة الكاشطة المستعملة و نوع الأنبوب وضغط السوائل و تركيز المسحوق والمسافة بين الفوهة والسطح المعالج ([1]) .

إذ تلعب نوعية المادة الكاشطة دورا كبيرا في عملية التنظيف حيث لا ينبغ لنا استعمال حبيبات ذات صلابة كبيرة بالمقارنة مع صلابة الصخر ، كما لا يجب أن تكون بأحجام كبيرة مما يجعلها تترك سطحا خشنا ، أما ضغط الغاز فيسمح بتغيير سرعة الجزيئات ، فعند استعمال ضغط يقدر بـــ : 5 كلغ /سم^2 تكون سرعـــة الـــجزيئـــات 335 م/ثا ، ولهذا يتم عادة استعمال ضغط منخفض يتراوح من 0.5 إلى 1 كلغ / سم^2 ، حيث يؤدي الضغط المرتفع إلى تلف الفوهة والسطح المراد تنظيفه ([2]) .

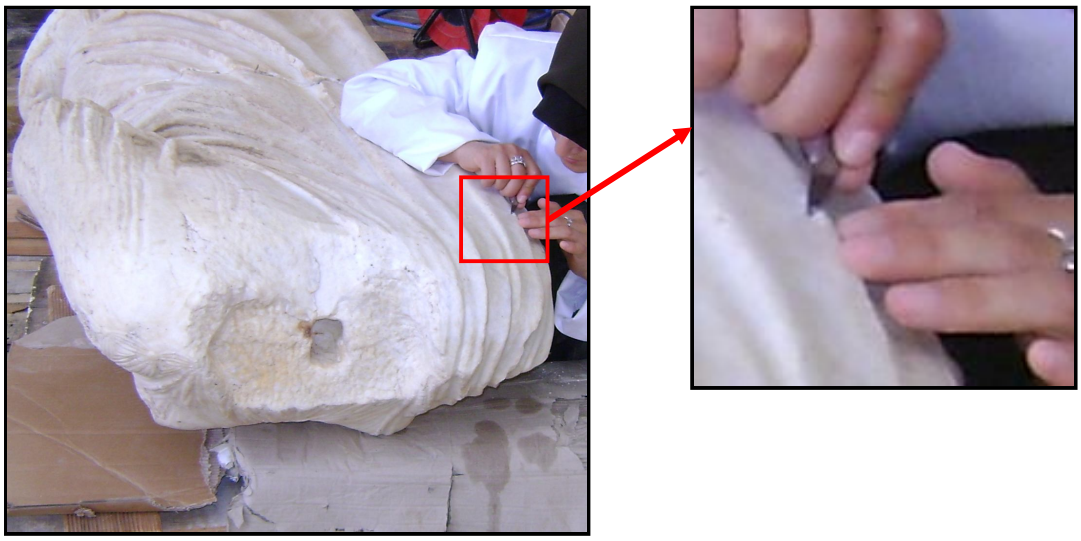
ويكون لاختيار الفوهة والمسافة المناسبة دورا في إعطاء نتائج أفضل ولهذا يستحسن القيام بتجارب أولية لاختيار الأحسن ، بحيث عادة ما تستعمل فوهات بقطر 0.45 ملم والتي تجعل القذف في شكل أسطواني والذي يتغير بتغيير المسافة ، أما المسافة بين الجهاز والسطح فتتراوح من 2 إلى 6 سم والتي تسمح بتغيير سرعة الحبيبات ، وتساعد كمية الحبيبات والغاز المستعمل في تسريع أو تباطؤ إزالة المواد من على السطح فهي علاقة طردية ([3]) .

4.1.1.2 _ التنظيف اليدوي :

يتم استخدام الأدوات المعدنية أو الفرش المختلفة منها القاسية واللينة ، أما الفرش الفولاذية فتعمل على إزالة الطبقات السطحية من الأوساخ ، وبإمكانها أن تكشط أجزاء من الحجر المتضرر ، ولهذا لا ينبغي استعمالها على المعالم التاريخية ، ويفضل الفرش المصنوعة من الشعر الخشن ، ويتم استخدام المشارط والفرش المختلفة على حسب أنواع

1- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , Op Cit , P 116 .
2- Idem , P 116 .
3- Ibidem , P 116 .

الشوائب المترسبة والأملاح بالإضافة إلى حالة الحجر (صورة رقم 19) ([1]) ، ويتم أحيانا استعمال إزميل دقيق micro burin لإزالة الطبقات الصلبة كالإسمنت ، وهي عبارة عن أداة تشبه القلم بأنبوب طويل يتم إلصاقها في جهاز ضغط ، وينبغي الحذر عند استعمال هذا الجهاز بوضع نظارات لإمكانية تطاير بعض الجزيئات ، كما يجب استعماله من طرف المحترفين لقدرته على إحداث خدوش على سطح الحجارة .



صورة رقم 19 : عملية التنظيف باستخدام مشرط ، من تصوير الطالبة .

5.1.1.2 _ الكمدات الممتصة :

تستعمل بعض العجائن الطينية مثل : سبيوليت sepiolite و الأتابولجيت attapulgite والتي يمكنها أن تمتص كميات كبيرة من الماء ، ويتم تطبيقها لإزالة الأشنات ، ويمكن أن تضاف لها مبيدات لزيادة انحلال الأشنات في الماء ، وينبغي أن تستعمل على الأساس الحجري مدة من شهر إلى شهرين ([2]) ، كما يتم تطبيق هذه الكمدات على بقع السناج و التخلص من الأملاح القابلة للذوبان من مسام الحجارة ، واستعمالها سهل وآمن التأثيرات ، كما يتم أحيانا استعمال الهلاميات القاعدية وهي : عبارة عن عجينة هلامية تحتوي على البيكاربونات وعوامل كيميائية أخرى تعمل على إزالة أيونات الكاليسيوم ، وتحتفظ بها ذائبة في المياه وتدعى عوامل الفصل ، أما المادة

[1] - قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 220 – 221 .
[2] - Caneva Giulia , Salvadori Ornella , Altération biologique …, Op Cit , P 166 .

الهلامية فتتكون من لواصق ذائبة مثل : مثيل السليلوز أو السليكا جل الدقيقة الحبيبات ، والتي تجعل عجينة البيكاربونات سهلة التطبيق على الأسطح العمودية دون سيلانها ([1]) .

6.1.1.2 _ التنظيف بالليزر :

هو عبارة عن وسيلة حديثة ومتطورة يقتصر استخدامها على الأدوات ذات القيمة الفنية والجمالية والتي لها أسطح حساسة وعلى مساحات صغيرة ، وذلك بسبب الكلفة الباهظة للجهاز المستعمل ، وتهدف لإزالة الطبقات والقشور السوداء من دون المساس فيزيائيا بالمادة ، ويتمثل مبدأ عمل الليزر بتسليط موجات من الأشعة تحت الحمراء ذات الطاقة العالية على القشور السوداء التي تقوم بامتصاصها بشدة (في حين يكون لون الحجارة فاتحا ولن يتفاعل مع الموجات المسلطة) ، ويتم إزالة الأوساخ نتيجة للفعل الحراري والميكانيكي حيث ترتفع حرارة الموضع بسرعة ولمدة قصيرة جدا مما يقود إلى انصهارها وتبخرها ، أما الفعل الميكانيكي فينتج عن التمدد المفاجئ للبلازما والذي يقود إلى موجات من الصدمة الميكانيكية والصوتية التي تنتشر في سطح المادة ، محدثة تشقق وانفصال جزيئات بأبعاد مختلفة ([2]) ، و الصورة رقم 20 تظهر عملية التنظيف باستعمال الليزر .

صورة رقم 20 : التنظيف باستعمال الليزر ، عن :
Bromblet et Vieweger , Op Cit , P 6 .

7.1.1.2 _ التنظيف باستعمال الموجات فوق الصوتية Ultrasons :

يستعمل في إزالة الترسبات الكاربونية والقشور السوداء وترسبات الأملاح غير القابلة للذوبان على أسطح صغيرة ، يقوم مبدؤه على ظاهرة التجوف بمعنى فوران سائل موضوع تحت فراغ في درجة حرارة المحيط ، حيث يحدث الفوران نتيجة لانتشار موجات عالية التواتر (التردد) فوق طاقة إحساس البشر ، تؤدي إلى ظهور فقاقيع غازية مجهرية في السائل (ماء مع أو بدون منظف أو مذيب آخر) تحدث موجات من الصدمة

[1]- توراكا جورجيو ، تكنولوجيا مواد ... المرجع السابق ، ص 176 – 177 .
[2]- Bromblet Philippe , Vieweger Thomas , " Le laser de nettoyage de la pierre et la restauration des sculptures " , Dans : Pierre Actuel , N° 829 , Septembre 2005 , P 4 , 5 .

التي تدمر تدريجيا الترسبات ، ويشبه هذا الجهاز جهاز تقليح الأسنان détartrage des dents ، ومن أكثر الأجهزة استعمالا هي التي لها رأس مهتز " vibro – tool " ([1]) .

2.1.2 _ التنظيف الكيميائي :

بعد الانتهاء من التنظيف الميكانيكي الذي يكون سطحيا ، يأتي التنظيف الكيميائي إذا سمحت حالة الأثر بذلك ، وهذا باستخدام منظفات مختلفة على حسب نوع التلف الذي سيتم تنظيفه ، ويستخدم الماء المقطر في البداية ، إذ أن المياه غير النقية تضر بسطح الأثر.

ومن المواد المستخدمة في التنظيف الكيميائي : المذيبات الهلامية وهي عبارة عن محاليل قاعدية ضعيفة ، حيث تتميز بقيمة الأس الهيدروجيني أقل من 7 -8 ([2]) ، وكذلك المنظفات الصناعية وتوجد منها ثلاثة أنواع وهذا على حسب خواصها : منظفات سالبة الشحنة ، وأخرى موجبة وهناك غير الأيونية أي المتعادلة .

بحيث أن المنظفات موجبة الشحنة تذوب على الأحجار ولا تزيل العوالق ، بينما المنظفات السالبة أكثر فعالية لكنها تتفاعل مع الأحجار الجيرية ، أما المنظفات غير الأيونية فهي الأفضل ، لأنها عبارة عن سلسلة طويلة من الهيدروجين لهذا يصبح لها القدرة على استخلاص الدهون والزيوت ، وينبغي تجنب استعمال الأحماض وأملاح الأحماض (حمض الهيدروكلوريد) لأن هناك أجزاء منه تنفذ إلى عمق الحجر وتتفاعل مع مكوناته ، أما استخدام فلوريد الأمونيوم وحمض الهيدروفلوريك فينتج عنها فلوريد الكاليسيوم في الأحجار الجيرية ، وبالتالي تزيد الشقوق الدقيقة وتسهل دخول الملوثات الجوية ([3]) .

ومن التنظيف الكيميائي استعمال المبيدات للقضاء على العامل البيولوجي ، ومن أهم المبيدات المستعملة ضد البكتيريا والفطريات ومبيدات الطحالب والأشنات والأعشاب ، حيث يتم رشها أو استعمالها مع كمدات مع وجوب مزجها بالماء للتخفيف

---

[1]- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , Op Cit , P 117 .
[2]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 91 .
[3]- قادوس عزت زكي حامد ، المرجع السابق ، ص 223 .

من تركيزها ، كما يمكن تكليس الأماكن المصابة للقضاء على الكائنات المجهرية ، وقبل أي استعمال للمبيد ينبغي تجريبه لمعرفة أثاره ، كما يجب تجنب المبيدات المحتوية على الأحماض ومصادر الأملاح أو غسل السطح بعد المعالجة بمياه مقطرة لتفادي تبلور الأملاح ([1]) .

يمكن الإشارة إلى أن هناك الكثير من المركبات الكيميائية في السوق ، ولكنها في أغلب الأحيان تكون مضرة ومتلفة للحجر رغم أنها تزيل التلف في كثير من الأوقات ، ولهذا ينبغي أن يتم التنظيف بالتدريج وعلى مساحات صغيرة لمعرفة أثر المـــادة المستعملة ، مع مراقبة أثر التنظيف حتى بعد التأكد من الأثر الجيد على المادة الأثرية بجانب الملاحظة المستمرة .

2.2 _ إزالة الأملاح :

تترسب الكثير من الأملاح على المعالم الأثرية والتي تسبب تلفا كبيرا عليها ، يتمثل في تفتيت أسطح الحجارة و ظاهرة التنخرب ، كما تساهم في ظهور الأشنات والطحالب ، ولهذا يجب التخلص منها والقضاء على مصادرها ولكن قبل أي إجراء تدخل يجب القيام بتحليل عينات من الملح لتحديد نوعها إضافة إلى إجراء تحاليل كيميائية وفيزيائية للأساس الصخري وهذا لتسهيل عملية المعالجة .

ولكن قبل اللجوء إلى إزالة الأملاح ينبغي القضاء على مصادرها كعزل أساسات المباني لمنع صعود المياه المحملة بها ، وإزالة الملاط الذي يحتوي على مصدر للأملاح كالإسمنت وملاط الجص ، إضافة إلى رفع مقاومة الحجارة لتلف الأملاح بتطبيق طبقة طلاء عازلة للحماية من التلوث والرطوبة ([2]) ، وهناك أملاح قابلة للذوبان وأخرى عديمة أو قليلة الذوبان .

1.2.2 _ إزالة الأملاح القابلة للذوبان في الماء :

1- Caneva Giulia , Salvadori Ornella , Op Cit , Pp 164 - 165 .

2- Arnold Andréas , " Altération et conservation d'œuvres culturelles en matériaux poreux affectés par des sels " , Dans : Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC, Paris , 9-10 Mai 1996 , P p 15 - 20 .

مثل الكلوريدات أو النترات ، كبريتات الصوديوم كذلك البوتاسيوم والألمونيوم ، الماغنيسيوم والكاليسيوم ، حيث تكون جميعها ذائبة في الماء وعلى هيئة محاليل ، ولإزالتها يمكن نزعها وهي جافة وذلك عند وجود بلورات الملح على سطح الحجر بواسطة الطرق الميكانيكية ([1]) ، كما يمكن استخدام كمادات من عجينة لب الورق أو السليلوز الرطبة حيث يمتص الحجر الماء الذي يذيب الأملاح القابلة للذوبان ، وعند التبخر تنسحب الأملاح من الحجارة وتتبلور في العجينة التي تزال بعد ثلاثة أسابيع ، ثم تعاد العملية بعجينة جديدة ، وفي حالة الحجارة الهشة والضعيفة يجب تقويتها قبل إجراء أي تدخل ، في حين لا يمكن استعمال طريقة الغمر في الماء بالنسبة للمباني إذ يقتصر استعمالها في التماثيل والقطع الحجرية الصغيرة الحجم ([2]) ، و يمكن استخدام عجينة من الطين أو الكاولة أو ورق الجرائد الذي يقطع لأشرطة تغمر في الماء لمدة 24 ساعة ثم تخلط ، ولتحسين الالتصاق يمكن إضافة كميات صغيرة من كاربو كسي ميثيل سليلوز carboxyméthyle cellulose ([3]) .

2.2.2 _ إزالة الأملاح غير القابلة الذوبان أو القليلة الذوبان :

هناك أملاح قليلة الذوبان في الماء تتمثل عادة في كبريتات الكاليسيوم (الجبس) أو كاربونات الكاليسيوم ، ولإزالتها يتم استعمال الطرق الميكانيكية في كثير من الأحيان ، وأهم هذه الطرق هي الموجات الصوتية والتي رغم سرعتها في التخلص من القشرة السوداء المكونة أساسا من كبريتات الكاليسيوم ، إلا أن لها تأثير ثانوي في حالة هشاشة سطح الحجارة المعالجة إذ يمكن أن تزال شظايا صغيرة من الحجارة ، ولهذا يجب تقوية الحجارة قبل معالجتها ([4]) .

كما يمكن إزالة طبقة الملح المترسب باستخدام مشرط أو مبضع مع الحذر الشديد من إمكانية خدش سطح الحجارة .

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 92 .

[2]- سنيرز ، دي أينو ، المرجع السابق ، ص 247 – 251 .

[3]- De Witte .E , Dupas M , Peters S , " Dessalement de voutes d'un fumoir de harengs" , Dans :Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC , Paris , 9 – 10 Mai 1996 , P 181 .

[4]- Liégey Anne , " Etude pour le dessalement de tablettes cunéiformes en terre crue " , Dans : Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC , Paris , 9 – 10 Mai 1996 , P 109 .

3.2 _ التقوية :

نتيجة لعمليات التحلل والتفتت التي تحدث للأحجار عند تعرضها لعوامل التلف المختلفة ، يحدث أن يفقد الحجر تماسكه ويتآكل سطحه لأعماق كبيرة ، أو يتشقق أو تحدث به صدوع وكسور ، تسمح بانفصال شظايا صغيرة أو قطع كبيرة نسبيا من حواف الشقوق و الصدوع ، ولهذا تأتي عملية التقوية التي هي عملية تهدف إلى تحسين الترابط بين المركبات المعدنية للحجارة مع ضمان الالتصاق الجيد بين الأجزاء التالفة ، وبالتالي الرفع من المقاومة الميكانيكية للحجارة المعالجة ([1]) .

يكون الهدف من صيانة الأحجار في المباني الأثرية هو تجنب فقد أي جزء من الحجر مهما كان صغيرا ، لذلك فإن عمليات التقوية – إعادة الترابط والتماسك للمادة – تعتبر من أهم عمليات الصيانة خاصة إذا فقدت الأحجار تماسكها وأصبح بقاؤها مهددا بخطر الضياع ، كما أنها تعمل على تحسين قدرتها على مقاومة العـوامل البيئـية المـتلفة ([2]) ، وللمادة المقوية عدة أدوار أهمها : السد الجزئي أو الكلي للمسام و الشقوق التي تكون بين الأجزاء المنكسرة من المادة ، كما تلصق الأجزاء القابلة للانفصال ويمكن اعتبارها كرابط يعيد تجميع الأجزاء الهشة من الحجارة ، ولضمان هذه الأدوار يجب إدخال المادة لعمق كافي والذي تتحكم فيه أسباب أهمها : المادة المعالجة من حيث مساميتها وشكل أبعاد مسامها زيادة على وجود الشقوق من عدمها ، و السبب الثاني هو المنتج المستعمل من حيث لزوجته والوقت الذي يستغرقه قبل تبلمره أو تصلبه ، أما السبب الثالث فهو وقت التواصل بين المنتج والسطح المعالج ([3]) .

وقبل البدء في التقوية ينبغي مراعاة مايلي :

_ حالة الحجر وخواصه الطبيعية ومساميته ونفاذيته و طريقة التقوية المستخدمة ، زيادة على إزالة الأملاح قبل البدء في التقوية في حالة الحجارة السليمة غير المتفتتة ([4]) .

---

[1]- Tabasso Laurenzi , " Traitements de conservation de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation de pierre , N° 16 , UNESCO , Venise , P 217 .

[2]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 178 .

[3]- Mamillan Marc , Op Cit , P 48 – 49 .

[4]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 93 .

_ ينبغي على مواد التقوية أن تنفذ لداخل الحجارة وتتصلب من دون تمدد وأن تلتصق بالحجارة جيدا ، كما يجب أن لا تتفاعل كيميائيا مع الحجارة و يمكن إزالتها مع الوقت مع بقائها ثابتة ومستقرة ، حيث لا تغير لونها أو تصبح متكسرة بفعل الأشعة فوق البنفسجية وتقاوم الرطوبة ولا تهاجر إلى السطح ، كما يجب عدم استعمال مواد لم يتم اختبارها وتجربتها مسبقا حيث يمكنها أن تسبب عامل تلف إضافي ([1]) .

_ استخدام محاليل التقوية بالنسب التي تكفل نفاذها إلى أكبر مسافة ممكنة داخل الأحجار ، إذ أن اكتساب قشرة سطحية خواصا طبيعية مخالفة للخواص الطبيعية لبقية الأحجار نتيجة لتقويتها ، سوف يؤدي إلى انفصالها عند تعرضها لدرجات مرتفعة من الحرارة والرطوبة ، ونتيجة لتعرضها لضغط الهواء المحبوس داخل مسام الحجر عند تمدده بالحرارة ، لهذا السبب فإنه يجب في الحالات التي لا تساعد فيها مسامية الأحجار لنفاذ محاليل التقوية إلى مسافة كبيرة داخل الأحجار استخدام محاليل تسمح بنفاذ الهواء عند تمدده مثل : السليكون و المواد الأكريليكية ، ويفضل أن تكون هذه المحاليل بتركيزات منخفضة .

_ استخدام محاليل التقوية بتركيزات مناسبة بحيث لا تسبب تغيرا في لون الأحجار المعالجة وفي لمعانها ، بالإضافة إلى انجاز التقوية على مراحل ، ويجب البدء بمحاليل مخففة وبعد جفافها تستخدم محاليل أكثر تركيزا حتى تتم عملية التقوية .

_ القيام بأعمال التقوية في جو معتدل حيث أن سرعة المذيبات العضوية سوف تتسبب في تغيير نسب المحاليل ، كما أنها تؤدي إلى تراكم مواد التقوية على سطوح الآثار .

_ يجب إزالة اللدائن الصناعية من على سطوح الآثار المصنوعة من الأحجار قبل جفافها باستعمال المذيبات العضوية مثل الأسيتون .

_ عدم الإفراط في استخدام اللدائن الصناعية في تقوية الأحجار المعرضة للشمس والاقتصار في استخدامها على الحالات التي لا يكون مضر من استخدام هذه المواد ([2]) .

---

[1]- Anciens Combattants Canada , Programme de restauration des cénotaphes / monuments : Lignes directrices en matière de conservation , Canada , 08 Novembre 2005 , P 15 .

[2]- عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 204 – 205 .

1.3.2 _ طرق التقوية :

تختلف وتتنوع طرق تقوية الحجارة باختلاف حجم ونوع الحجارة ، إضافة إلى التطور الحاصل في مجال المواد والتقنيات المستخدمة ، وأهم طرق التقوية هي كالأتي :

1.1.3.2 _ التشبيع :

عادة ما تكون المواد المقوية في صورة سائل ، وعندما تعالج الأحجار بالمقويات وتتخلل الأخيرة سطح الحجر وقد تمتد إلى أعماقه حتى تصل إلى الجزء السليم من الحجر ، ويكون الهدف من التشبيع وصول المادة المقوية إلى لب الحجر وتؤدي إلى ترابط وتماسك جميع مكوناته ، و من أمثلة طرق التشبيع ما يلي :

_ **التشبيع بالغمر :** وتستعمل في حالة الحجارة ذات الحجم الصغير ، حيث من السهولة نسبيا الحصول على تشريب عميق ونتائج مرضية بالنسبة للحجارة المسامية ، حيث يتم غمرها في المادة الكيميائية المقوية المناسبة وذلك بإتباع المراحل التالية : يتم غمر القطعة في الأسيتون فترة من الوقت لتفتيح مسامه ، ثم يوضع الأثر في حوض مجهز ويغمر بالمقويات الكيميائية الذائبة في المذيبات العضوية المناسبة ، وفي الأخير بعد العلاج النهائي يتم إزالة الطبقة الرقيقة الموجودة على السطح بالمذيبات العضوية ، حيث يسمح غمر القطعة في الأسيتون أولا بتمكين المادة المقوية من التسرب بعمق خلال مسام الحجر ، الذي يتبخر فيما بعد تاركا المادة المقوية في الداخل وعلى عمق أكبر ([1]) .

_ **تقنية الغطاء الورقي :** ويعتمد الأساس النظري لهذه التقنية على حفظ سطح الحجر وكذلك الغطاء الورقي رطبا أو مبللا باستمرار لمدة ساعات ، وفي بعض الأحيان لعدة أيام لتجنب تبخر السائل المقوي وهذا لضمان نفاذه لأكبر عمق ممكنا ، بحيث يتم تغطية السطح بغطاء ورقي يلتصق بسطح الحجر بواسطة لاصق خفيف ، ويحفظ الغطاء الورقي بعد ذلك وباستمرار مبللا بسائل التشبيع ([2]) ، ونقوم باستخدام ورق خاص يدعى الورق الياباني مع تغطيته بغطاء بلاستيكي لتفادي الجفاف وتبخر المادة المقوية .

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، مبادئ ترميم .... (المرجع السابق) ، ص 97 .
[2]-جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 180 – 181 .

2.1.3.2 _ التقوية بواسطة خلخلة الهواء :

تساعد هذه التقنية على تسرب وتخلل المادة المقوية داخل مسام الحجارة على مسافة عميقة نسبيا ، وتتم العملية بواسطة تفريغ وشفط (مص) الهواء من مسام الحجارة مما يسهل من دخول المادة المقوية إلى عمق الحجارة ، وتستخدم في حالة الحجارة ذات المسامية المنخفضة والتي لا تفيد طرق الغمر العادية في علاجها وتقويتها ([1]) .

3.1.3.2 _ الحقن :

تطبق هذه الطريقة في حالة الأحجار التي بها شقوق وصدوع وفجوات وكذلك في الجدران التي يتفتت جزء من ملاطها ، وفي حالة عدم وجود هذه الشروخ والشقوق تجهز للتقوية ثقوب رفيعة ويفضل أن تكون في أماكن بعيدة عن النقوش والألوان ، ونزيل ما يعلق بسطح الحجر من مادة التشبيع ([2]) .

2.3.2 _ أهم المواد الكيميائية المستخدمة في تقوية الحجارة :

يعرف مجال المواد الكيميائية المستعملة في التقوية تنوعا وتطورا كبيرا منذ البدايات الأولى من العمل بها ، ويمكن تقسيمها إلى مجموعتين أساسيتين : المقويات العضوية و المقويات غير العضوية .

1.2.3.2 _ المقويات غير العضوية :

وتشمل المواد التي لها القدرة على ربط حبيبات الحجر في حالة الأحجـــار الضعيفة ، ويعتمد تأثيرها على تكوين كربونات الكاليسيوم في حالة استعمال الجير ، كما أن هناك بعض المقويات ينتج عنها تشكل الأملاح ولهذا ينبغي اتخاذ الاحتياطات اللازمة لإزالة أي أملاح ذائبة تتكون على سطح الحجر بعد التقوية ، ومن محاسن هذه المقويات أنها تتمتع بمقاومة جيدة ضد القدم ، إلا أنها لا تقاوم الصدمات الميكانيكية ([3]) .

_ **حليب الجير :** ينتج الفعل المقوي لحليب الجير عن تفاعل هيدروكسيد الكاليسيوم مع غاز ثاني أكسيد الكربون حيث يترسب الناتج في شكل كاربونات الكاليسيوم في البنية

---

[1]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 98 .
[2]- عبد المعز شاهين ، المرجع السابق ، ص 206 .
[3]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 182 .

المسامية ، وقد تم استعمال هذه التقنية منذ العهود الأولى ثم سقطت في طي النسيان ، وقد أعيد استخدامها من جديد لتقوية الحجارة الكلسية ([1]) .

_ **هيدروكسيد الباريوم :** هي مادة كيميائية تشترك مع مادة الكلس في العديد من الخصائص ، غير أنها تتميز عنها في ذوبان أملاح كبريتات الباريوم بالمقارنة مع كبريتات الكاليسيوم ، ولهذه المادة استعمالات متنوعة إذ يمكن أن تستعمل في تحويل كبريتات الكاليسيوم إلى كبريتات الباريوم وبذلك نخفف من الضرر الناتج عن ذوبان وإعادة تبلور كبريتات الكاليسيوم ، كما يستعمل كطبقة واقية من الأمطار الحامضية للحجارة الكلسية بعد عملية التكربن و تحولها إلى كاربونات الباريوم ، كما يمكن أن تستعمل في تقوية الحجارة الكلسية حيث تشكل محاليل صلبة من كاربونات الباريوم ([2]) .

2.2.3.2 _ المقويات العضوية :

يعتبر الشمع من أقدم المواد العضوية الطبيعية المستعملة في حماية و تقوية الحجارة ، وهذا راجع لخاصيته الكارهة للماء ولكنه ضعيف النفاذية في الحجارة بالإضافة إلى تأثره بالعوامل الجوية ، ويمكن تخفيف الشمع بتسخينه أو باستعمال مذيبات مثل : وايت سبيريت أو التربينتان ([3]) ، ويمكن تقسيم المقويات العضوية إلى ثلاث مجموعات رئيسية وهي كما يلي :

❖ **راتينجات الثرموبلاستيك (تتلين بالحرارة) :**

وهي مواد صلبة تتصهر 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 ، وتكون السلاسل مرنة و متنافرة وغير منتظمة مكونة أجزاء غير متبلورة ، بينما توجد أحيانا سلاسل متوازية ومنتظمة في الأجزاء المتبلورة ، ومن أمثلتها خلات الفنيل المبلمرة و البولي ميتا أكريلات والبولي مثيل أكريلات والبولي إثيل أكريلات ([4]) ، ومن محاسن هذه

1- Tabasso Laurenzi , Op Cit , P 221 .

2- Price C.A , Stone conservation : An overview of current research , GCI , USA , 1996 , P 18 .

3- Philippon J , Jeannette D , Lefevre R .A , Op Cit , P 120 .

4- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 95 .

الراتينجات أنها تتمتع بصفة العكسية حيث يمكن إذابتها بأحد المذيبات العضوية المناسبة ، كما تتمتع بعض أنواعها منها الأكرليكية بمقاومة عملية الأكسدة ([1]) ، وفيما يلي أهم هذه الأنواع :

_ **الراتينجات الأكريليكية :** هي من المواد الواسعة الاستعمال في مجال صيانة وترميم الآثار ، 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 تتمثل في " الفينون " ، 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 ، ونظرا لهذه الخصائص يتم استعمالها في الأسطح الخارجية ، ومن أشهر أنواعها : برالويد B 72 ، ميثاكريلات ومثيل أكريليك و كوبوليمار أكريليك ([2]) .

_ **أسيتات البولي فنيل :** تنتج هذه الخلات من العائلة الفنيلية مثل بولي فنيل كلوريد وهي تنتمي إلى الراتنجات التي تتلين بالحرارة ، والتي استخدمت منذ 1940 في صيانة وعلاج الآثار كمواد لاصقة أو مواد مقوية للبنية الداخلية للحجارة ، أو كمواد واقية لسطحها ([3]) .

❖ **الراتينجات المتصلبة بالحرارة :**

تصنع هذه الراتينجات على مرحلتين : تجهيز جزيئات السلاسل الطويلة بالطريقة الكيميائية ، تليها المرحلة الثانية والمتمثلة في التفاعل الكيميائي أو تأثير الحرارة أو كلاهما معا ، لإحداث ارتباط مستعرض أو تشابك السلاسل مع بعضها البعض ، لتكون في النهاية كتلة صلبة هشة وهي مرحلة استقرار الراتنج ، وعادة ما تكون في صورة سائلة ولزجة يضاف إليها محفزات هي عبارة عن مصلبات ، وتتميز بعدم قابلية إذابتها بعد التصلب سواء بالحرارة أو باستعمال المذيبات ، كما تعد أقل مقاومة رغم قوة

---

[1]- جورجيو توراكا ، المرجع السابق ، ص 186 .

[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]- محمد عبد الهادي محمد ، المرجع السابق ، ص 49 .

تصـــلبها ، ومن أشهر أنواعها : الإيبوكسي والبولي أستر وراتينجات الفينول ولدائن الميلامين ([1]) .

_ **الراتينجات الإيبوكسيدية :** هي عبارة عن بوليميرات صناعية يمكن أن تكون في شكل سائل أقل أو أكثر لزوجة أو في شكل صلب بحسب الوزن الجزئي ، حيث يمكنها **أن** تنتقل إلى نظام التصلب بالحرارة إذا ما عولجت بالمستخلصات المناسبة ، إذ يعمل العامل المصلب على تغيير الهيكل الكيميائي والفيزيائي للراتنج ، ويتميز هذا النوع من الراتينجات بالخصائص الميكانيكية والكيميائية والحرارية الجيدة إضافة إلى قوة اللصق وقدرته على حماية الحجارة المعالجة من التلوث و الرطوبة ، ولكن رغم هذا لا يمكنه مقاومة الضوء إذ يتأكسد ويصفر لونه ولهذا من الأفضل أن لا يترك على السطح ، ومن أشهر أنواعها الأرالديت ([2]) .

❖ **السليكونات :**

تجمع السليكونات بين خواص المقويات العضوية و غير العضوية ، وهي عبارة عن مركبات ناتجة عن تبلمر روابط السيليسيوم والأكسجين Si__ O ، والوحدة البنائية فيه هي R__ Si__O حيث يعتبر R الجذر العضوي حيث تكون في شكـــل سلاسل خـــطية ([3]) ، وتكون الجزيئات الخطية قابلة للذوبان في المذيبات العضوية ، كما هناك سليكونات مانعة للماء حيث يعتبر الجزء غير العضوي (سليسيوم _ أكسجين) قطبي إلى حد ما ، في حين أن الجزء العضوي CH_3 أو C_6H_5 هو جزيء غير قطبي ، حيث وعند معالجة الحجارة مثلا بهذه المادة ينجذب الجزء غير العضوي نحو المادة التي تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل OH ، في يحين يتجه الجزء غير القطبي نحو الهواء ما ينتج طبقة واقية مانعة للماء ، غير أنه منفذ لبخار الماء وذلك لوجود فراغات كافية بين جزيئات السليسيوم والتي تسمح للماء المعزول بالمرور ، ويكون تأثير هذه الطبقة

---

[1]- توراكا جورجيو ، المرجع السابق ، ص 247 – 248 .

[2]- Amoroso G.G , Op Cit , P 93 .

[3]- Marchesini L , Bonora R , " L'utilisation des résines pour la conservation et la protection de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N° 16 , Ed UNESCO , Venise , P 245 .

السطحية المتشكلة مؤقتا لأنها مكونة من جزيء واحد ، حيث تتحطم بفعل العوامل الجوية كالضوء والأكسجين ([1]) .

وهناك أنواع كثيرة من السليكات المستعملة في حقل الصيانة والترميم ومن أشهـــرها : سليكات الإيثيل $(C_2H_5)_4SiO_4$ والتي بوجود الماء تتفكك وتشكل كحول وسليس غروي الذي يبقى مندمجا بالحجارة ، وبغرض تسريع تشكل هلام السليكا يمكن إضافة مركبات مثل : الغليكول والتيترالين لحبس الرطوبة ، كما يمكن مزج سليكات الإيثيل مع ميثيل إيثوكسي سيلوكسان الذائبة في الميثانول ، كما هناك نوع أخر والمسمى سليكات الصوديوم والذي يذوب في الماء ، حيث عند تبخر المياه يتشكل غشاء سطحي مانع للماء ([2]) .

4.2 _ الحماية :

عادة ما تطرح المعالم الأثرية الموجودة في الهواء الطلق مشكلة في الحفاظ عليها وحمايتها وهذا راجع لتعرضها لمختلف عوامل التلف ، والصعوبة تكمن في السيطرة عليها وكذلك إلى مساحة المعلم الأثري التي غالبا ما تكون واسعة يصعب تغطيتها ، بالإضافة إلى نقص الإمكانيات و الأموال المخصصة لحمايتها ، وأود أن أشير إلى أن الحماية لا تلغي عوامل التدهور بل هي تقلل منها فقط ، ولهذا ينبغي المداومة على المراقبة وملاحظة أي تغيير قبل أن يستفحل .

وأهم طرق حماية المعالم هي الطلاء الذي يحد بصفة خاصة من العوامل البيئية خاصة الرطوبة و التلوث .

1.4.2 _ الطلاء أو التكسية :

وهي طبقة تطبق على السطوح المستوية النظيفة وهي طبقة مؤقتة – تضحية – بحيث أنها بمرور الزمن تفقد فعاليتها في الحماية لهذا ينبغي استبدالها بعد مدة محددة ، وتعمل هذه الطبقة على حماية المبنى من نفاذ مياه الأمطار ولكنها لا تستطيع فعل شيء أمام المياه المتصعدة من الأرض عن طريق الخاصية الشعرية ، والمياه المتكاثفة ، كما

[1]- توراكا جورجيو ، المرجع السابق ، ص 260 – 262 .
[2]- Marchesini L , Bonora R , Op Cit , P 250 .

تقف هذه الطبقة حائلا أمام تبخر المياه الموجودة في الحجر ، بحيث أن باستعمال هذه الطريقة يبقى سند البناء محميا باعتبارها غير نافذة ، ويمكن إزالتها إذا دعت الحاجة ، وبفضلها أقصيت المشاكل الناتجة عن التشبيع العميق للحجر بمادة مقوية غير عضوية ، أو بتطبيق العلاج السطحي بمادة تمنع الرطوبة والتي غالبا ما تكون باهظة الثمن .

هناك نوعين من الطلاءات : طلاءات محبة للماء enduit hydrophile وأخرى مانعة للرطوبة enduit hydrofuge .

يطبق في الأولى طبقة خفيفة من الكلس تتركب أساسا من ماء الجير أو معلق الجير مضاف إليه رابط عضوي الحليب أو بياض البيض وغراء للصق ، ويفضل استعمال الزبدة للحصول على خاصية كارهة للماء ([1]) .

أما الطلاء المانع للرطوبة فتستعمل فيه الزيوت والشحوم والشموع وشمع البرافين والصابون مثلا : سيتيرات أليمينيوم ، وزيت بذرة الكتان هذا بالنسبة للطلاءات المستعملة في القديم ، أما في الفترة الحديثة فيمكن استبدالها براتينجات الترموبلاستيك و التي تعتبر سريعة التدهور زيادة على أنها تتصلب على السطح بشكل قشرة رقيقة بشعة المنظر ، أو راتينجات الأكريليك مثل برالوايد B72 الذي يمتلك مقاومة عالية للقدم ولكنه يظهر عليه تغير سريع في اللون ، بالإضافة يمكن استعمال كل من السيليكونات وأسيـــتـــات بولي فينيل ([2]) .

ويمكن لهذه الطلاءات أن تحد ولو نسبيا من تأثير التلوث على الحجارة .

كما يمكن حماية المباني التاريخية من الأمطار والرطوبة بتغطيتها أثناء الشتاء بغطاء خاص أو بوضع سقوف عليها ، بالإضافة إلى إمكانية وضع قنوات لتصريف مياه الأمطار بعيدا عن أساسات المبنى .

2.4.2 _ الحماية من العوامل البيولوجية :

[1]- Torraca G , " Philosophie générale de la conservation " , Dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO , Venise , P p 201 – 203 .

[2]- Idem , P p 203 – 205 .

عادة ما تنمو النباتات والكائنات المجهرية على المعالم التاريخية والتي تتسبب في تلف كبير عليها ولذلك يجب إزالتها والقضاء عليها ، للقيام بذلك يتم استخدام طرق كثيرة منها الميكانيكية و الكيميائية .

وتتمثل الطرق الميكانيكية في استخدام المناشير في حالة النباتات الكبيرة لتقطيعها وإزالة جذورها أو حقنها بمادة سامة ، أو كشط الكائنات المجهرية كالطحالب والأشنات .

أما الطرق الكيميائية فتتمثل أساسا في استعمال المبيدات حيث هناك مبيدات الأعشاب والتي تستخدم عادة في الزراعة و هي عبارة عن المركبات العضوية الأزوتية مثل : التريازين و مشتقات اليوريا ، ومجموعات أخر مثل : مونوكوتيليدون monocotylédone و بيكوتيليدون bicotylédone ، ويتم استخدام هذه المبيدات إما بالنشر أو الحقن أو بواسطة كمادات ([1]) .

أما مبيدات الطحالب فيتم عادة التبخير أو تكليس المكان وعند الحاجة يمكن استعمال أملاح الصوديوم و حامض ديمثيل ثيوكاربونيك والبورات واليوراسيل أو مشتقات اليوريا ، ويمكن مزج مركبات الأمونيوم الرباعية مع أكسـيد تري أن بوتيلي تان ([2]) .

أما فيما يخص مكافحة الأشنات فقد ثبتت فعالية بعض المركبات مثل : Polybor® و Thaltox® ، حيث ترش على المساحات المرغوبة وتكون لها فعالية من سنتين إلى ثلاث سنوات ، وتتبع العملية بكشط للأشنات والتي يمكن أن تحدث خدش وتفتت لسطح الحجارة ([3]) .

3.4.2 _ التدعيم بنظام الصقالات :

حيث يتم تدعيم الجدران أو العناصر الآيلة للسقوط باستخدام صقالات من الخشب أو الحديد المطلي لتفادي تأكسده ، أو ببناء تدعيم معاكس للجدار ، وينصح بتفادي إلصاق هذه العناصر في المناطق الضعيفة والهشة من الجدران لأنه سيتسبب في انهيارها ، أو اقتطاع أجزاء منها ، وفيما يلي صور توضح تدعيم المباني باستخدام هذه التقنيات .

---

[1] - Caneva Giulia , Salvadori Ornella , Op Cit , P 165 .

[2] - Idem , P 165 .

[3] - Philippon J , Jeannette D , Lefevre R . A , Op Cit , p 99 .

صورة رقم 21 (أ) : التدعيم بالصقالة الخشبية ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 21 (ب) : الصقالة الحديدية ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 21 (ج) : التدعيم بالكتف ، عن الأستاذ حميان مسعود .

3 _ عمليات الترميم :

يمكن أن نعتبر الترميم كعملية جراحية تشمل حذف الإضافات اللاحقة بالأخص مع تعويضها بمواد أفضل ، ويمكن الذهاب حتى إلى إعادة تكوين الحالة الأصلية للمادة ([1]) ، وهو عبارة عن تدخل مباشر على المادة نفسها عكس الصيانة التي تهتم بمحيط التحفة ، وعند الترميم ينبغي مراعاة شروطا كثيرة أهمها : رجوعية عملية الترميم بمعنى القدرة على إزالة الترميمات الجديدة والعودة إلى الحالة الأصلية ، كما يجب اختيار مواد ترميم متوافقة مع المواد الأصلية فيزيائيا وكيميائيا .

وتختلف عمليات الترميم وتتطور حسب احتياج الأثر والزمن الذي يتم فيه مشروع الترميم فكل زمن له معطياته وإمكانياته المتطورة ، أما عن أهم عمليات الترميم فتتمثل في إلصاق القطع المنكسرة وسد أو ملء الشقوق والفتحات ، وإعادة البناء أو التركيب بالمواد الأصلية .

1.3 _ سد الشقوق :

توجد على المباني أنواع مختلفة من الشقوق منها ما هو مجهري ومنها ما تكون بأبعاد صغيرة أو متوسطة ، وهناك الشقوق الكبيرة كما نجد الفجوات والثقوب والتي يجب سدها قبل توسعها وتسببها في انكسار الحجارة وسقوطها ، وقبل البدء في عملية سد الشقوق ينبغي اختيار ملاط السد المناسب بعد تجربته أولا على حجارة من نفس النوع

[1]- بيردوكو ماري ك ، المرجع السابق ، ص 6 .

ومعرفة خواصه الكيميائية والفيزيائية ، وبعد التأكد من فعاليته يمكن تطبيقه على المعلم التاريخي وذلك بإتباع الخطوات التالية :

- تنظيف الشقوق من الغبار باستخدام جهاز لامتصاص الغبار ، ثم نستعمل الماء لترطيب الشقوق .

_ عمل تقوية أولية في حالة الحجارة المتدهورة ذات السطح المتفتت أو المتقشر حيث يستعمل سليكات الإيثيل من نوع Wacker OH® أو مثيل تريميثوكسيسيلان MTMOS أو المركب الأخير مع راتينج أكريليكي برالويد B72 ([1]) .

- وضع ثقوب على الشقوق بأداة ثقب يدوية و إدخال أنابيب بها (أنابيب صغيرة في الشقوق الصغيرة وأنابيب متوسطة القطر في الشقوق الكبيرة) .

- سد الشقوق الكبيرة باستعمال مزيج من الجير الهيدروليكي ومسحوق الحجارة والرمل والماء ، ثم يترك ملاط الخارجي ليجف بعدها نقوم بحقن الماء لمعرفة وجود فراغات ولترطيب الحجارة لتسهيل عملية حقن الملاط .

- حقن الملاط المتكون من جير هيدروليكي + ماء + مسحوق الحجارة + بوزولان + نسبة من غراء أكريليكي ، حيث يتم ملأ الحقنة ووضعها داخل الأنابيب المتوسطة وحقن الملاط من الأسفل إلى الأعلى مع تكرير العملية حتى تشبع الشق وخروج الملاط من الأنبوب الذي يليه .

- أما الشقوق الصغيرة والمتوسطة فيتم حقن مزيج متكون من LEDAN TA 2 الذي هو عبارة عن مسحوق من حبيبات السليكا بأحجام دقيقة ، وفي حالة عدم دخوله يتم الحقن بالمزيج الثاني المكون من LEDAN TA 1 والذي تكون حبيباته أدق وسرعته في التصلب أبطأ .

- عند الانتهاء من عملية الحقن يتم تنظيف السطح باستعمال القطن والماء وإزالة الأنابيب البلاستيكية ، ثم سد الشق والفتحات بمزيج يكون بلون مشابه للون الحجر .

---

[1]- Vieweger T , Verges- Belmin V , " Consolidation et injection de coulis sur les Tuffeaux altérés : Pratiques actuelles , expérimentations de terrain a Tours , perspectives " , Dans : Monuments historiques et environnement , Recherche Franco – Allemandes sur la conservation de la pierre et du vitrail 1988 – 1996 , CNRS , France , 1997 , P 234 .

- وقد تم تجربة مزيج من الجير الهيدروليكي و سليكات الإيثيل في حقن حجارة الطفو بفرنسا ، والتي كانت له نفاذية جيدة في الشقوق ، كما لم يلاحظ ظهور هالات على السطح وهو أحسن سيولة ([1]) ، وفيما يلي صور لعملية سد الشقوق على حجارة جميلة .

صورة الحجر قبل المعالجة .

وضع الأنابيب البلاستيكية .

سد الشق خارجيا .

حقن ملاط LEDAN TA2 في الشقوق الصغيرة .

حقن LEDAN TA 1 في التقشرات والشقوق الدقيقة .

حقن ملاط الشقوق الكبيرة .

تنظيف السطح بعد حقن الشقوق الصغيرة والدقيقة .

إزالة الأنابيب وتسوية الشق بملاط خارجي .

مظهر الحجر بعد نهاية المعالجة .

صورة رقم 22 (أ،ب،ج،د،هـ ،و ،ي،ن،ك) : تمثل مختلف مراحل سد الشقوق بملاط حقن .

[1] - Vieweger T , Verges- Belmin V , Op Cit , P 236 .

ولمراقبة فعالية العلاج يتم استخدام تقنية قياس سرعة الصوت بجهاز الموجات فوق الصوتية ، لإثبات قدرة الملاط على النفاذ داخل الشقوق وتغطية جل المساحات الفارغة .

2.3 _ لصق الحجارة المكسورة :

قد تكون عملية لصق الحجارة صعبة بالنظر لكثافته الكبيرة مما لا يسمح للمذيبات في أنظمة اللصق بالتبخر ، وبسبب أن القطع عادة ما تكون ثقيلة جدا وتتطلب قوة لصق ضخمة ، وتكون مواد اللصق القابلة للذوبان مناسبة في بعض الأحيان ، ولكنه في كثير من الحالات يتم استخدام الراتينجات القوية مثل لواصق الإيبوكسي التي تتخلل في الحجارة بسهولة كبيرة ، نظرا للقوة الكبيرة للمادة اللاصقة فلا يمكن استعمالها على الحجارة المتفتتة من دون تقويتها ([1]) .

عادة ما تكون هناك حجارة كبيرة منقسمة إلى قطعتين حيث يتم تنظيفها أولا وإزالة أي طبقات قد تعيق الالتصاق الجيد ، ثم ينبغي اختيار الراتنج المناسب وعادة ما يكون من نوع الإيبوكسي أو أكرليكي ، إضافة على اختيار الأوتاد المناسبة والتي لا تتأكسد ولا تتمدد كي لا تسبب كسرا في المستقبل ، إضافة على أن تكون لها قدرة كبيرة على حمل الثقل ، والتي تكون بحسب نوع الحجارة ، ويتم تقطيع الأوتاد وتشعيب نهايتها بحيث تشبه البراغي وهذا لتثبت بقوة في الثقوب عندما تملأ بالمادة اللاصقة ، ومن أشهرها الأوتاد الفولاذية ([2]) زيادة على ألياف الزجاج و ألياف الكربون .

ويجب اختيار مواقع ثقوب الأوتاد بعناية فائقة أخذين بعين الاعتبار عوامل متعددة كقوة الحجر ووزن الأجزاء المكسورة وموقع الثقوب حيث لا تكون بقرب الحافة ، وينبغي أن يكون التثبيت أولا في الجزء الأثقل من الحجر والذي يحدد مكان الثقب الثاني بعد أن يؤشر على القطعة بطلاء أو طباشير ، مع إجراء محاولة تجريبية للتثبيت بعد الثقب لضمان اتساق الأجزاء ([3]) ، حيث قبل عملية الثقب ينبغي اختيار قطر الوتد ومن ثم نختار مقاس المثقب أكبر بقليل لنتيح وجود فراغ الذي يملأ فيما بعد بواسطة المادة

[1]- كرونين ، روبنسون ، المرجع السابق ، ص 165 – 166 .
[2]- سنيزر ، دي أينو ، المرجع السابق ، ص 270 .
[3]- نفسه ، ص 270 – 271 .

اللاصقة ، وبعد عملية الثقب نقوم بتنظيف الثقب والاحتفاظ بالمسحوق الناتج ، ثم نقوم بإدخال الوتد في الثقب ووضع إشارة على العمق ، ونفس الشيء بالنسبة للثقب المواجه ثم نجمع المقاسين وننقص حوالي 1 سم [وهذا لنضمن الالتصاق الجيد والمتناسق] ونقوم بقطع الوتد وتشذيب نهايتيه برسم حزات عليها ، بعدها نحقن المادة اللاصقة في الثقب ثم ندخل الوتد بطريقة البرغي حتى لا نتسبب في الخروج المفاجئ للمادة اللاصقة ، مع وضع نقط من المادة اللاصقة على مساحة الحجر ثم نلصق الجزأين ونطبقهما على بعضهما البعض لكي نحصل على التجانس التام ، وفي النهاية نقوم بتحضير ملاط لسد الفراغات المتبقية باستخدام مسحوق الحجارة والجير الهيدروليكي والماء ، وفيما يلي صور توضح عملية لصق الحجارة أخذت من ورشة عمل بموقع جميلة في جوان 2008.

تنظيف الحجارة من الإسمنت

تحديد أماكن الثقب في الحجارة

عملية ثقب الحجارة

حقن الغراء في الثقوب

إدخال ألياف الزجاج في الثقوب

إلصاق الحجر وتثبيته

صورة رقم 23 (أ،ب،ج،د،هـ ،و) : تبين مختلف مراحل إلصاق الحجر .

الخلاصة :

يبقى التلف عملية حتمية تتعرض لها جميع مواد البناء خاصة مع انتشار ظاهرة التلوث و مشكلات الاحتباس الحراري ، ولهذا ينبغي لنا التفكير في حلول فعالة وناجعة من أجل الحفاظ على موروثنا الثقافي لإيصاله للأجيال القادمة سليما ، وتعتبر الصيانة والترميم من أحسن المجالات التي تهتم بالمحافظة على التراث وصيانته وهذا بمساهمة علوم أخرى متنوعة منها العلمية والتقنية ، وقد أدى التطور الهائل في وسائل التكنولوجيا والبحوث والمكتشفات العلمية إلى إيجاد طرق وأساليب جديدة للحماية والمحافظة على التراث الثقافي ، ولكن بالرغم من هذا التطور الحاصل إلا أن هناك مبادئ وأساسيات لا يمكن المساس بها أو التخلي عنها منها كمال و ديمومة التحفة ، حيث هناك العديد من مدارس الصيانة والترميم التي تنادي بعدم استعمال المواد الحديثة بالنظر لعدم معرفة تأثيراتها ، كما حدث مع الإسمنت على سبيل المثال والذي استعمل في عمليات الترميم والتجديد بكثرة خلال السبعينيات ومع مرور الوقت ظهرت أثاره السلبية ، و لتفادي هذا المشكل تقوم عدة من المخابر العالمية بدراسات تجريبية تطبيقية مسرعة لعوامل التلف على المواد الحديثة قبل استعمالها في حقل الترميم ، وبذلك يتم تفادي تدمير الكثير من المعالم على سبيل التجارب و التهافت على استخدام مواد جديدة من دون أي دراسة أو تجارب أولية .

الفصل الثالث

حالة مباني القضية

الفصل الثالث : حالة مباني القصبة .

تمهيد

1 _ الإطار الجغرافي والمناخي .

2 _ طبوغرافية مدينة الجزائر .

3 _ جيولوجية مدينة الجزائر.

4 _ أصل تسمية المدينة .

5 _ الدراسة التاريخية للمدينة .

6 _ الهندسة المعمارية لمنازل القصبة .

7 _ تشخيص حالة مباني القصبة .

الخلاصة

تمهيد :

يعتبر عمران أي دولة شاهدا على التطور والرقي الحضاري الذي بلغه شعبها ، فمن خلال هذا الميدان يمكن استنتاج معلومات مختلفة عن الميادين الأخرى ومدى تطورها أو تدهورها : كالفن والاقتصاد وغيرها .

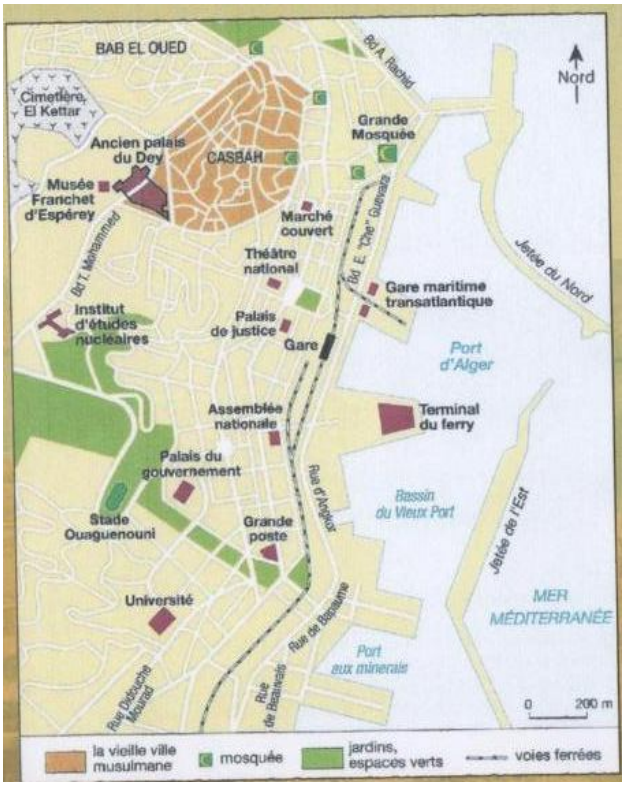
وتعد القصبة إرثا تاريخيا وأثريا وطنيا وعالميا ، تضم عددا من الشواهد المادية الباقية من حقبة التواجد العثماني بالمنطقة ، ومن بينها البيوت والمنازل المتميزة بهندستها المعمارية البسيطة والجميلة والتي تضم عدة عناصر معمارية و زخرفية منها أطر الأبواب والأعمدة المختلفة المصنوعة من حجارة الطوف .

وقد تعرضت القصبة وما تزال لعدة حوادث وعوامل طبيعية أدت إلى تدهور وتهدم العديد من منشآتها ، ومن أكثر عوامل التلف المنتشرة بالقصبة نجد ظاهرة التلوث وفعل المياه والرطوبة زيادة على العامل البشري الذي يعد أخطر العوامل بسبب التأثيرات المشوهة التي يخلفها نتيجة الجهل وبشكل خاص استعمال الإسمنت أو أثار تحديث المنازل عن طريق إدخال الغاز والماء .

1 – الإطار الجغرافي و المناخي :

1.1 – الموقع الجغرافي :

مدينة الجزائر هي عاصمة الدولة الجزائرية الواقعة شمال القارة الإفريقية ، المتميزة بموقعها الاستراتيجي المطل على البحر الأبيض المتوسط ، تحد مدينة الجزائر من الغرب ولاية تيبازة ، وشرقا ولاية بومرداس ومن الجنوب ولاية البليدة ، وشمالا البحر الأبيض المتوسط ، وتعد قصبة الجزائر التابعة إداريا لبلدية القصبة من أهم المناطق التاريخية في الولاية لما تضمه من منشآت مختلفة الوظائف : منشآت دفاعيـــة (قلاع وحصون) ومنشآت مدنية متمثلة في : القصور والمنازل و مـــنشآت دينيـــة من مساجد و أضرحة ، تعود بالأغلب للفترة العثمانية ، وتتربع القصبة على ما مساحته 70 هكتار وتضم 39000 نسمة حسب إحصائيات مكـــتب CNERU فـــي عـــام 2000 م ، وتضم القصبة عموما قلعة الداي ومجمل المدينة القديمة الواقعة بين هذه القلعة وشاطئ البحر ([1]) الخريطتين رقم 01 و 02 .



خريطة رقم 01 : خريطة مدينة الجزائر ، عن Google maps .

---

[1]- L'équipe chargée des sites culturels sensibles du PAC d'Alger (PAP/PAM), Programme d'aménagement côtier (PAC) Zone côtière Algéroise Protection des sites culturels sensibles _ Diagnostic _ , PAP Centre d'Activités Régionales , Juin 2004 , P 32 .

خريطة رقم 02 : تبين موقع القصبة ، عن المعهد الوطني للخرائط الطبوغرافية والاستشعار عن بعد .

2.1 _ الموقع الفلكي :

تقع مدينة الجزائر على خط عرض 36.46° شمالا وخط طول 3.3° إلى الشرق من خط غرينتش ([1]) ، وقد خلط الكثير من الكتاب والرحالة الأجانب القدماء بين موقع مدينة الجـــزائـــر " إكوزيوم " قديما وبين كل من " القيصرية " عاصمة الملك النوميدي جوبا الثاني _ شرشال حاليا _ و رشقونيا أو تامنفوست ، ومن بينهم كل من Venture de Paradis و Haido Diego و Laugier de Tassy و Docteur Shaw ، حيث يذكـــر Venture de Paradis مثلا في كتـــابـــه : " الجزائر في القرن الثامن عشر " ما يلي : " ... تقع مدينة الجزائر بين 36.30° شمال خط عرض و 21.20° خط طول ، و قد بنيت بلا شك من طرف المور (وهم السكان القدماء) ، وهذا بعد تدمير المدينة الكبـــيرة الموجـــودة على رأس ماتيفو (تامنفوست) في بعض الثورات ، والتي توجد فيها أطلال منتشرة وحجارة لمباني كبيرة والتي استعملها الجزائريون في بناء تحصيناتهم الدفاعـــية ، وهذه المدينة كانت حتما تلك التي أعطاها جوبا II والد بطليموس اسم القيصرية عرفانا لولي نعمته القيصر أغسطس " ([2]) .

3.1 _ المناخ :

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 ([3]) .

1.3.1 _ الرطوبة :

تقع المدينة في مواجهة 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

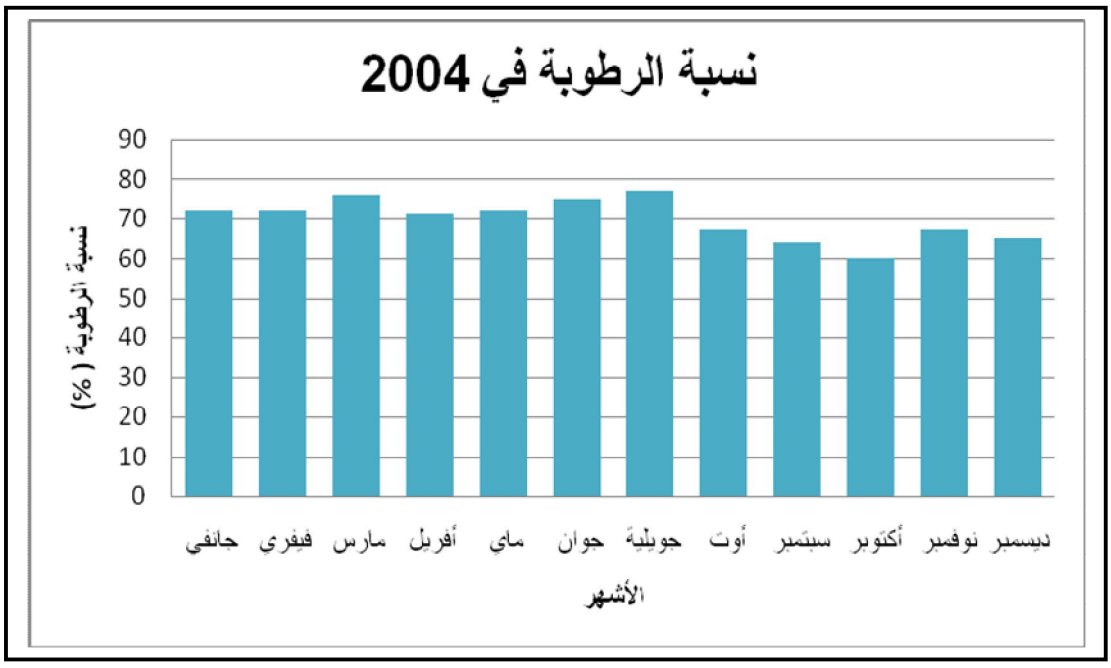
---

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

[2] - Venture de Paradis , Alger au XVIII eme siècles , 2e éditions , édition Bouslama , Tunis , SD , P 2 .

[3] - لعروق محمد الهادي ، أطلس الجزائر و العالم ، دار الهدى ، عين مليلة ، دت ، ص 18 .

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 ، وذلك بواسطة جهاز خاص يعرف بـ : thermohygro-bouton حيث 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 (نحو أوروبا) ، وهذا ما يؤدي إلى انخفاض في نسب الرطوبة وإرجاع الجو جاف وخانق ، وفيما يلي شكل رقم 08 يمثل معدل نسبة الرطوبة خلال سنة 2004 .



شكل رقم 08 : أعمدة بيانية لمعدل نسبة الرطوبة في مدينة الجزائر سنة 2004 .

[1]- ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2004 , **CCN** Alger, 2004, p 41 .

2.3.1 _ تساقط الأمطار:

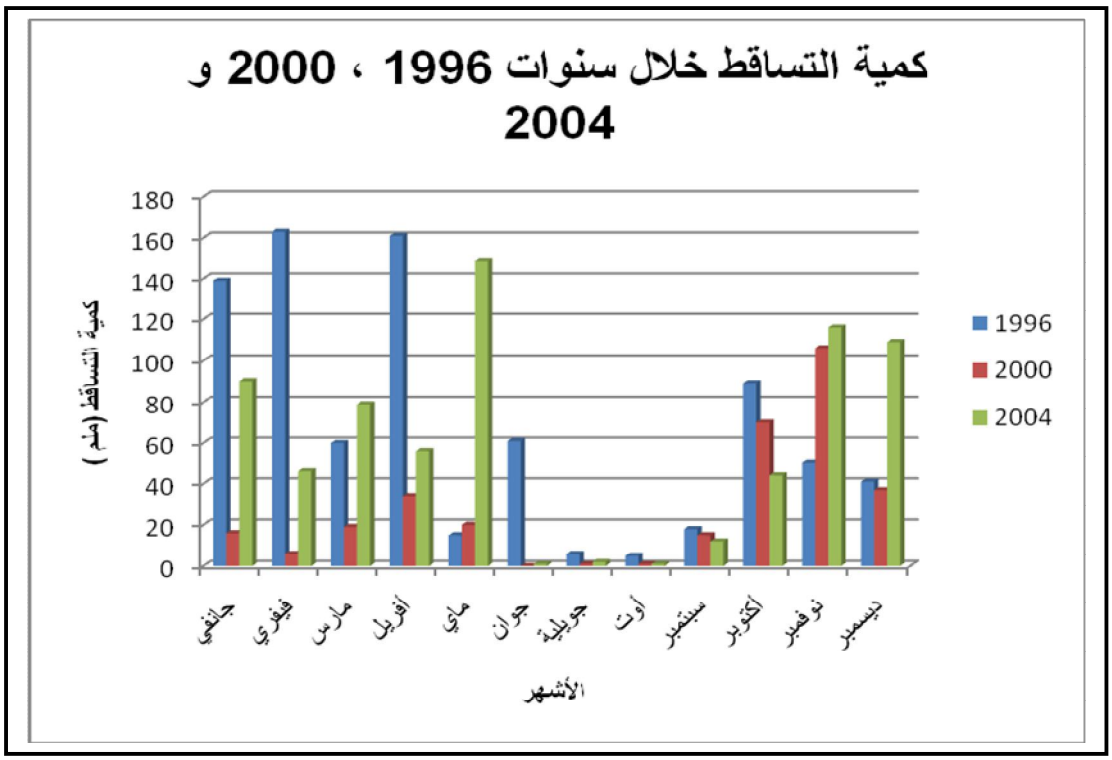
قد يصل معدل التساقط خلال السنة إلى حوالي 900 ملم في السنة ، وتتساقط الأمطار الأولى ابتداء من شهر أكتوبر وتدوم لغاية شهر ماي ، وتعد الأربعة الأشهر الأولى من السنة الأكثر كمية من حيث التساقط ، أما من جوان حتى سبتمبر فهي أقل تساقطا ولا تتجاوز 10 مليمترات في الشهر ، وقد بلغت كمية التساقط خلال عام 1996 حسب الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية حوالي 808 ملم ([1]) و 304 ملم خلال سنة 2000 ([2]) فهي بذلك تختلف من سنة إلى أخرى ، كما تحدث أحيانا في المدينة فيضانات نتيجة للأمطار الغزيرة وكذلك للطبيعة الطبوغرافية المساعدة للمنطقة فهي منحدرة و تخترقها أودية صغيرة ، مما يسهل اجتماع المياه في المناطق المنخفضة كباب الواد وحي البحرية (ساحة الشهداء) ومثال ذلك فيضان باب الواد في 10 أكتوبر 2001 ، وفيما يلي جدول رقم 01 يحوي معلومات عن كمية التساقط خلال سنوات 1996 ، 2000 و 2004 ، متبوعا بشكل رقم 09 حيث تم تمثيل التساقط في أعمدة بيانية .

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 .

جدول رقم 01 : يمثل كمية التساقط خلال سنوات 1996 ، 2000 و 2004 عن الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية .

	التساقط خلال 1996				التساقط خلال 2000				التساقط خلال 2004			
التساقط ملم / الأشهر	معدل التساقط	عدد الممطرة الأيام	كمية التساقط القصوى	تاريخ اليوم	معدل التساقط	عدد الممطرة الأيام	كمية التساقط القصوى	تاريخ اليوم	معدل التساقط	عدد الممطرة الأيام	كمية التساقط القصوى	تاريخ اليوم
جانفي	139	17	46	2	16	3	9	12	90	9	43	18
فيفري	163	16	28	19	6	2	6	12	46	7	25	29
مارس	60	11	19	10	19	5	3	15	79	13	39	2
أفريل	161	10	39	24	34	11	9	8	56	11	22	9
ماي	15	7	5	6	20	4	11	24	149	13	53	24
جوان	61	3	50	24	/	0	/	/	1	2	1	7
جويلية	6	4	3	17	1	1	1	2	2	1	2	16
أوت	5	3	2	15	1	3	1	12	1	1	1	3
سبتمبر	18	5	15	1	15	4	11	29	12	6	6	25
أكتوبر	89	7	50	6	70	4	11	29	44	7	29	30
نوفمبر	50	10	22	18	106	14	33	15	116	12	51	13
ديسمبر	41	13	18	30	37	10	9	2	109	19	26	25
المعدل خلال السنة	808	106			304	68			705	101		



شكل رقم 09 : أعمدة بيانية تمثل كمية التساقط لمدينة الجزائر خلال سنوات 1996 ، 2000 و 2004 .

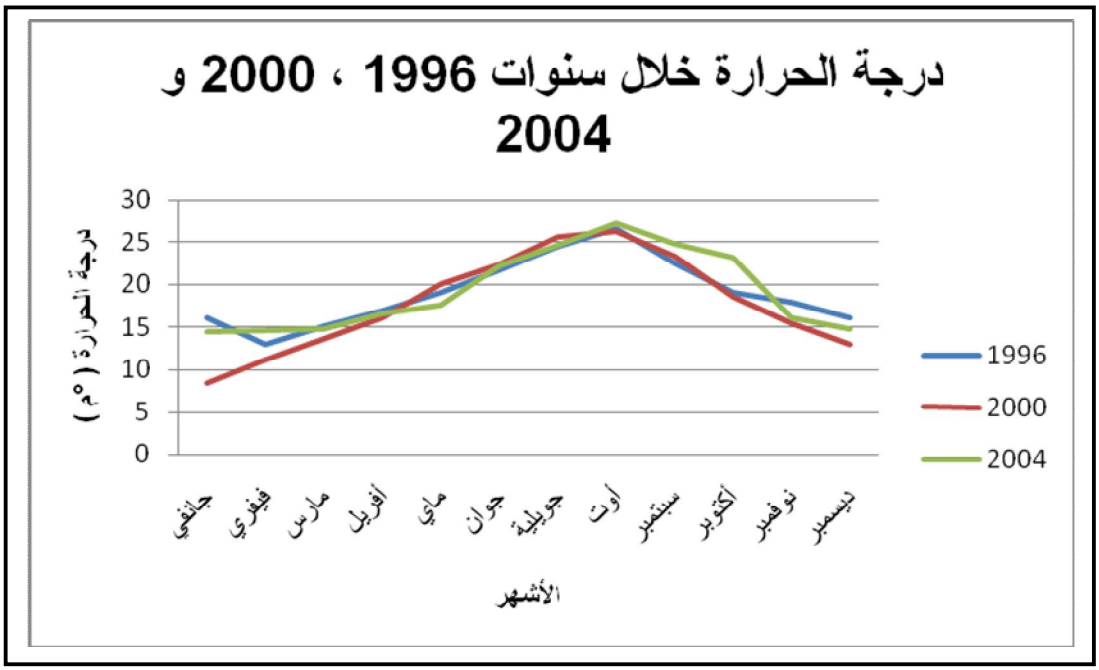
3.3.1 _ الحرارة :

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])، ما يعني أن صيف عام 2000 كان أكثر حرارة ، أما عن أدنى درجات الحرارة فقد سجلت في فيفري 2000 وقـــدرت بـــ : 0.5°م وهو العام الأكثر برودة ، وفيما يلي جدول رقم 02 به معلومات مختصرة حول درجة الحرارة خلال كل من 1996 ، 2000 و 2004 ، ثم مثلت معدلات الحرارة في منحنى بياني في الشكل رقم 10 .

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 .

جدول رقم 02 : يمثل درجة الحرارة خلال سنوات 1996 ، 2000 و 2004 ، معطيات من الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية .

درجة الحرارة / الأشهر	درجة الحرارة خلال سنة 1996					درجة الحرارة خلال سنة 2000					درجة الحرارة خلال سنة 2004				
	معدل درجة الحرارة(°م)	درجة الحرارة الدنيا(°م)	تاريخ اليوم	درجة الحرارة القصوى(°م)	تاريخ اليوم	معدل الحرارة (°م)	درجة الحرارة الدنيا(°م)	تاريخ اليوم	درجة الحرارة القصوى (°م)	تاريخ اليوم	معدل درجة الحرارة (°م)	درجة الحرارة الدنيا(°م)	تاريخ اليوم	درجة الحرارة القصوى(°م)	تاريخ اليوم
جانفي	16	9.5	13	25.4	9	8.4	0.7	6	21.8	28	14.4	5.4	19	21.0	10
فيفري	12.9	4.0	22	20.7	19	11.2	0.5	25	23.3	27	14.6	8.4	28	26.8	21
مارس	15.1	8.3	15	33.0	24	13.6	2.2	3	28.5	22	14.8	2.8	2	29.8	12
أفريل	19.6	10.5	4	28.2	20	16.2	2.2	6	29.6	8	16.6	8.6	12	28.9	28
ماي	19	14.1	12	25.8	6	20.0	10.4	11	33.8	3	17.6	11.8	9	25.1	31
جوان	21.7	15.8	3	32.8	21	22.3	11.4	8	34.2	30	22.2	16.5	15	30.9	23
جويلية	24.4	19	9	40.8	25	25.6	14.8	13	40.5	23	24.6	19.4	16	35.8	22
أوت	26.6	21.6	18	36.0	26	26.3	14	10	43.8	25	27.3	22.0	1	38.0	24
سبتمبر	22.4	17.9	23	30.4	6	23.3	12.3	7	35.5	17	24.9	18.0	27	36.2	5
أكتوبر	19	12.3	7	24.8	1	18.5	8.5	9	30.5	20	23.2	13.8	31	33.4	5
نوفمبر	17.8	10.3	30	29.6	12	15.4	3.2	20	29.6	12	16.1	9.9	16	22.4	3
ديسمبر	16	8.2	28	26.2	22	13.0	3	19	27.3	7	14.7	5.2	27	26.4	1
المعدل خلال العام	**19**					**17.8**					**19.3**				



شكل رقم 10 : منحنيات بيانية لتغيرات معدل درجة الحرارة لمدينة الجزائر خلال سنوات 1996 ، 2000 و 2004 .

4.3.1 _ الرياح :

تهب على مدينة الجزائر عادة رياح آتية من البحر ، ما يعني أنها مشبعة بالرطوبة و الأملاح مما يشكل عاملا لتلف المباني التي تعترضها ، ويكون اتجاه الرياح غالبا شمالي غربي أو شمالي شرقي ، وتهب الرياح الشرقية عادة من شهر ماي حتى شهر سبتمبر ، وفي فترة الاعتدال الربيعي تهب رياح جنوبية غربية قوية يدعوها القدماء " أفريكوس " Africus أما البحارة فيسمونها " بالبطش " ، كما تهب أحيانا رياحا جنوبية تدعى " السيروكو " ويدعوها البعض رياح الصحراء، وهي حارة ومحملة بالغبار ترجع الجو خانقا ، وتهب خمسة أو ستة أيام متتابعة في شهري جويلية و أوت ([1]) ، أما عن سرعة الرياح فهي ضعيفة في الغالب و لكن قد تتجاوز 20 م / ثا (72كلم / سا) في بعض الأحيان ، ففي عام 2000 سجلنا 24 مرة في السنة تجاوزت فيها الرياح هذه السرعة ، بحيث كانت 7 مرات منها في شهر أفريل و 6 مرات في شهر ديسمبر ([2]) ،

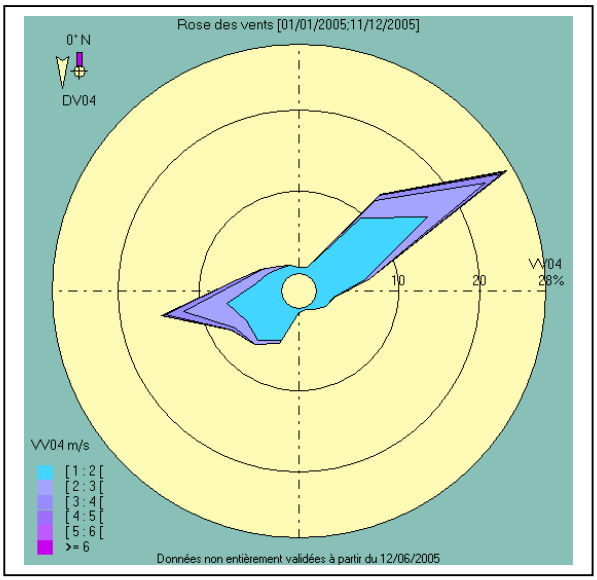
1- DR . Shaw , Voyage dans la régence d'Alger ou description géographie , physique , philologique , Traduit d'Anglais par : J .Mac . Carthy , Marlin éditeur , Paris , 1830 , Pp 9 , 10 .

2- ONM, Op Cit (données de base Année 2000) , P 33 .

والجدول رقم 03 يحوي معلومات عن سرعة الرياح خلال كل من 1996 و 2000 و 2004 ، متبوعا بشكل رقم 11 يمثل وردة الرياح في باب الواد لعام 2005 .

جدول رقم 03 : يمثل سرعة الرياح في سنوات 1996 ، 2000 و 2004 ، عن الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية .

	سرعة الرياح خلال سنة 1996		سرعة الرياح خلال سنة 2000				سرعة الرياح خلال سنة 2004		
سرعة الرياح / الأشهر	معدل سرعة الرياح (م/ثا)	سرعة الرياح القصوى (م / ثا)	معدل سرعة الرياح (م/ثا)	سرعة الرياح القصوى (م / ثا)	تاريخ اليوم	عدد المرات التي فاقت فيها سرعة الرياح 20م/ثا	معدل سرعة الرياح (م/ثا)	سرعة الرياح القصوى (م / ثا)	تاريخ اليوم
جانفي	3.2	8	1.2	18	23	0	3.8	14	3
فيفري	4.2	11	1.9	17	17	0	3.9	12	28
مارس	4.1	9	2.1	22	22	1	4.6	12	25
أفريل	4.0	9	4.3	27	17	7	5.5	14	28
ماي	4.0	13	2.5	23	4	2	4.9	14	5
جوان	4.1	10	3.0	24	12	1	3.7	12	19
جويلية	4.0	15	3.2	21	3	1	3.9	11	8
أوت	4.0	10	3.2	22	7	1	3.4	11	22
سبتمبر	4.0	10	2.8	25	20	2	3.8	13	25
أكتوبر	3.0	10	2.8	18	2	0	2.7	8	9
نوفمبر	4.0	9	3.3	24	6	3	3.3	15	13
ديسمبر	3.0	8	3.2	41	30	6	/	/	/
المعدل خلال السنة	**3.8**		**2.8**			**24**	/		



شكل رقم 11 : وردة الرياح في باب الواد ، عن وزارة تهيئة الإقليم والبيئة ، معطيات 2005 ، ص 61 .

5.3.1 _ الظواهر الطبيعية :

تتمثل هذه الظواهر في كل من الضباب ، الجليد ، رياح السيروكو وهي رياح جنوبية حارة وشديدة محملة بذرات الغبار والرمال ، الضباب الرملي وهو عبارة عن سحابة من الغبار والعواصف ، و يعد الضباب من أكثر الظواهر انتشارا في المنطقة ، ويرجع ذلك لعملية التبخر في البحر التي تؤدي إلى رفع الرطوبة النسبية وتشكل الضبـــاب ، وقد تم تسجيل 54 يوما به جليد في عام 2000 وكانت هذه الأيام خلال شهر جانفي بمعدل 22 يوم ، و18 يوما في شهر فيفري ، وثمانية 8 أيام في ديسمبر ، و 32 يوما عاصفا في السنة في معظم شهور السنة ([1]) ، والجدول رقم 04 يلخص معطيات الظواهر الطبيعية في سنوات 1996 ، 2000 و 2004 .

[1]- ONM, Op Cit (données de base Année 2000) , P 42 .

جدول رقم 04 : يمثل الظواهر الطبيعية لمدينة الجزائر في سنوات 1996 ، 2000 و 2004 ، عن الوكالة الوطنية للأرصاد الجوية .

	خلال سنة 1996		خلال سنة 2000						خلال سنة 2004		
الظواهر / الأشهر	السيروكو	العواصف	الجليد	السيروكو	العواصف	الضباب	الرملي الضباب	السيروكو	العواصف	الضباب
جانفي	0	0	22	2	2	4	0	0	1	0
فيفري	0	2	18	0	1	2	0	0	1	3
مارس	0	0	5	2	1	3	0	0	1	0
أفريل	0	0	1	4	4	0	1	0	1	0
ماي	0	1	0	2	4	6	0	0	1	0
جوان	0	1	0	1	2	2	0	0	0	0
جويلية	1	0	0	4	3	2	0	0	0	2
أوت	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0
سبتمبر	0	0	0	1	4	3	0	0	1	0
أكتوبر	0	1	0	2	5	2	0	1	0	0
نوفمبر	2	0	0	4	4	0	0	0	1	0
ديسمبر	0	0	8	1	2	6	0	0	1	0
المعدل خلال السنة	3	6	54	25	32	31	1	1	8	5

2 _ طبوغرافية مدينة الجزائر :

تستدعي نهضة وتطور أي مدينة من المدن ظروفا جغرافية مساعدة على قيامها وتنميتها ، بحيث يعتبر الموقع الذي أنشأت فيه مدينة الجزائر مثاليا ، إذ أنها تقع في الحجر الشرقي لجبل بوزريعة المشرف على البحر المتوسط والذي يغلق الجون (الخليج الصغير) من الغرب ، ما جعلـــها في معزل عن الريـــاح الغربـــية ([1]) ، كما أنها تقع

[1]- Khalifa Abderrahmane , Histoire d'ElDjazair Baní Masghanna , éd Dalimen , Alger , 2007 , P 19 .

وراء السهل المنتيجي الذي تعتمد عليه اعتمادا كبيرا ، فهو ظهيرها الخصب وبسيطها الغني لما تتوفر فيه من مواد غذائية مختلفة ([1]) .

إذن 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 بـــ 120 م عن مستوى سطح البحر ويبدو كمدرج منحدر نحو حي البحرية وقد أسست عليه المدينة القديمة أو حي القصبة ([2]) ، 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 20 م والتي يوجد فيها حي البحرية ، أما الدرجة الثانية فتضم المدينة القديمة للقصبة على مستوى جامع سيدي رمضان ([3]) ، 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 ، وتبلغ أعلى نقطة في جبل بوزريعة 407 م و التي يمكن من خلالها الإشراف على أحياء المدينة القديمة ، وحراسة ما يجاورها من البر والبحر ([4]) ، وما يلاحظ على سطح المدينة أنه يمتاز بتضاريسه الوعرة و الملتوية ، 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 و التوسع نحو المناطق الداخلية أو بمعنى أصح المرتفعة كان بطيـــئا ([5]) .

---

[1]- حليمي عبد القادر ، مدينة الجزائر نشأتها وتطورها قبل 1830 ، ط 1 ، الجزائر ، 1972 ، ص35 .

[2]- نفسه، ص 41 .

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

[4]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 41 .

[5]- نفسه ، ص 33 .

3 _ جيولوجية مدينة الجزائر :

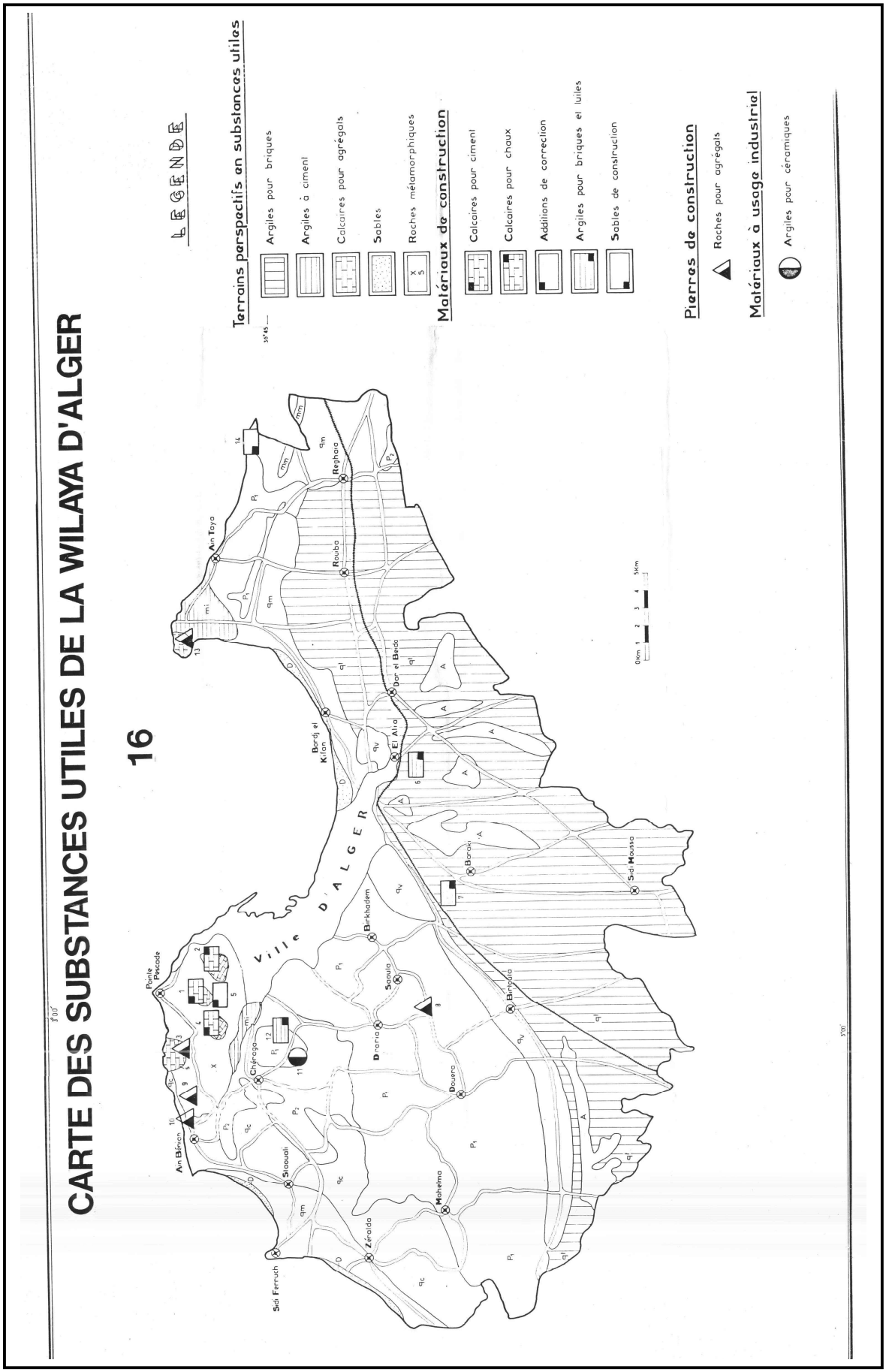
تتألف البنية التحتية لمدينة الجزائر من تكوينات رسوبية تعود لكل من الزمنين الجيولوجيين الثالث والرابع ، بالإضافة إلى صخور كريستالوفيلية cristallophyllienne من الحقبة الباليوزواكية paléozoïques ، فالتكوينات التي ترجع لهذه الفترة الأخيرة شديدة التحول ونجدها في الشمال الغربي من الإقليم الجزائري وتتألف من الشيست المختلف : الطيني ، السيريسيتي séricite ، الميكاسي وثنائي الميكا ، سيريسيتو-فلدسباثي ، بالإضافة إلى الكلس الشبيه بالسكر ذا الحبيبات الدقيقة الأقل أو الأكثر تبلورا . أما التكوينات الجيولوجية العائدة للزمن الثالث فتتواجد في الجنوب الغربي من الإقليم وتتمثل في تكوينات من الميوبليوسان ، وتضم تكوينات البليوسان ترسبات طينية-رملية ، وطينية – حثية ، وكلسية- حثية يغلب عليه المارن والطين الأزرق ، أما ترسبات الميوسان فتمتد في شريط ضيق بمحاذاة تكوينات البليوسان ، وتتواجد في شكل كونجلوميرات متفتتة ذات لون أحمر وكذلك حجارة رملية كبيرة هشة وذات لون رمادي ، أما التكوينات العائدة للزمن الجيولوجي الرابع فتتمثل في الطمي المتواجد على طول الساحل المركب من الرمال والحصى ، وفي المنطقة الشمالية الغربية تتألف ترسبات الطمي من بقايا صخور الكتلة القديمة (شيست ، كلس ، غنياس و غرانيتواد) والخريطة الجيولوجية رقـــم 03 تبين ذلك ([1]) .

تستند المدينة على جبل بوزريعة والذي يتألف من تكوينات ترجع إلى الزمـــن الأول ، والتي تعرضت إلى حركة أفقية أدت إلى ظهور إلتواءاتها المحدبة الحادة والمائلة نحو البحر ، وتبين الخريطة الجيولوجية أن حي القصبة بني فوق تكوينات الميكاشيست التي ترجع للزمن القديم ، وأحياء أخرى بنيت فوق تكوينات من البليوسان ، والقمم أو الأعراف الحامية للمدينة القديمة من الجنوب تنطلق من الأبيار على ارتفاع 240 م ثم تأخذ في الانحدار إلى أن تصل إلى وادي الحراش ، وتسير في اتجاه منحني مقعر و موازي للخليج ، وتتكون هذه القمم من صخور رخوة ترجع في معظمها إلى عصر

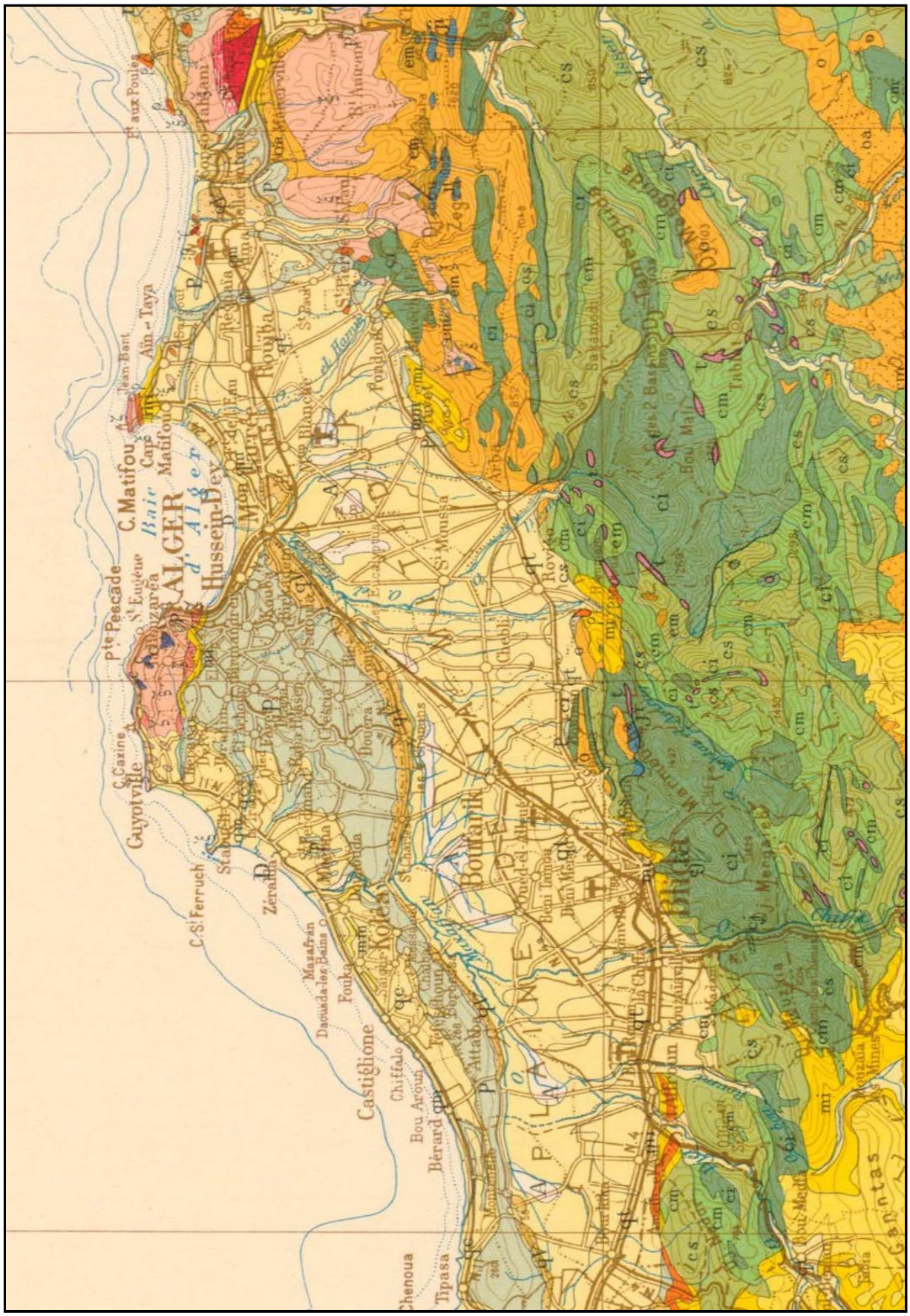
[1]- ORGM , Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie Wilaya d'Alger , Edition du service géologique de l'Algérie , Boumerdès , 2000 , Pp 6 ,7 .

البليوسان في منطقة مصطفى باشا ، وتغلب عليها صخور الغنايس في منطقة الأغا ، والرمال الحمراء في بئر خادم والقبة وحسين داي ، ثم تكوينات أحدث مثل الطوف في وادي كنيس وبئر مراد رايس ، ولقد تعرضت هذه الأعراف إلى عمليات النحت المائي أكثر من تعرضها إلى الحركات الإلتوائية بدليل ظهور طبقات من الرواسب مازالت محافظة على وضعها الأفقي في وادي كنيس ، أما السفوح العليا الشمالية لسلسلة الأعراف فترجع تكويناتها إلى الزمن الرابع ، ويمتد خليج الجزائر من بوانت بسكاد إلى رأس تامنفوست في شكل نصف دائرة يشبه حدبة حصان ، وقد نشأ هذا الخليج عن انكسار خسف بالمنطقة في أواخر الزمن الثالث ، وهو الزمن الذي غطست فيه القارة التيرانية القديمة تحت مياه البحر المتوسط ، وبذلك هبط الخليج وظهر في مستوى أقل من الأول ثم تعرض من جديد لحركة أوروجنية أفقية عرفت بالتواء ما بعد الأستيان post astien ، استمرت هذه الحركة إلى مطلع الزمن الرابع وفيها تعرض سهل منتيجة للهبوط ، كما تم التشكيل النهائي لجبال الأطلس وتلال الساحل الممتدة من شنوة إلى بوزريعة ، وهذا ما يجعل المنطقة عرضة للزلازل ([1]) الخريطتين رقم 03 و 04 يوضحان جيولوجية لمدينة الجزائر .

[1]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 46 ، 47 .



خريطة رقم 03 : خريطة جيولوجية لولاية الجزائر ، عن ORGM .



خريطة رقم 04 : خريطة جيولوجية لولاية الجزائر وما يجاورها ، عن ANGCM , SGN .

مفتاح الخريطة الجيولوجية :

4 _ أصل تسمية المدينة :

اختلفت تسمية الجزائر بحسب الحضارات التي مرت بها ، فقد سميت بتسميات و ألقاب عديدة ، فقد كانت تدعى في أول العـــهـــود بـــ : " إيكوسيم " Ikosim وهي كلمة فينيقية تعني جزيرة النورس أو الشوك ([1]) ، أما في الفترة الرومانية فدعيـــت بـــ : " إكوزيوم " Icosium وهي كلمة إغريقية تعني جزيرة العشرون ، وهذا نسبة للأسطورة القائلة بأن عشرين من أصحاب هرقل تفرقوا عنه وأووا إلى هذا المكان وبذلك أطلق عددهم على المدينة ([2]) ، و بقيت تدعى بهذا الاسم لغاية القرن العاشر ميلادي حيث أطلق عليها اسم " جزائر بني مزغنة " وهذا نسبة لمن أسسها وهو " بولوغين " أو " بلكين " بن زيري من بني مزغنة من قبيلة صنهاجة ([3]) ، وسميت بالجزائر نسبة للجزر الأربعة التي كانت موجودة قبالة الساحل وأكبرها جزيرة الصخرة ، وسميت في العهد التـــركـــي " بجزائر الغرب " ، كما لقبت بألقاب عديدة في هذه الفترة منها قلعة الجهاد لاستمرار الحملات الصليبية عليها ، الجزائر البيضاء نسبة لبياض منازلها التي ترى مـــن البحر ، الجزائر المحروسة من طرف أوليائها وأسوارها.

أما بالأجنبية فتدعى " ألجي " Alger وهي مشتقة من الكلمة العربية الجزائر التي تعني الجزر ، ونظرا لسوء نطق الكلمات العربية عند الأوروبيين فقد أصبحت تنطق بالاسبانية " أرخيل " Argel ، و " ألجيري " Algieri بالفرنسية والايطالية ([4]) .

أما لفظ القصبة فقد أطلق على قلعة الداي ، ثم توسع استعماله على جل المدينة القديمة والتي تقع داخل الأسوار .

---

[1]- Missoum Sakina , Alger à l'époque Ottomane _ La médina et la maison traditionnelle , INAS , Alger , 2003 , p 15 ، للاطلاع أكثر يمكن مراجعة : عمورة عمار ، الجزائر بوابة التاريخ من ما قبل التاريخ إلى 1962 الجزائر خاصة ، الجزء الثاني ، دار المعرفة ، الجزائر ، 2007 ، ص 21 .

[2]- Berbrugger Adrien , Notice sur les antiquités d'Alger , L'imprimerie de A . Bourget , Alger , 1845 , Pp 13, 14. ولمزيد من المعلومات حول هذه الأسطورة يمكن الاطلاع على مرجع لعبد القادر حليمي ،مدينة الجزائر نشأتها وتطورها قبل 1830 ، ص 140 .

[3]- اشبودان العربي ، مدينة الجزائر تاريخ عاصمة ، ترجمة : جناح مسعود ، دار القصبة للنشر ، الجزائر ، 2007 ، ص 21 .

[4]- Haido Diego , La vie à Alger les années 1600 , Topographie et histoire général d'Alger , Traduction : D. Monnerreau et A. Berbrugger , Présentation : Abderrahmane Rebahi , Edition Gallex MLR , Alger , 2004 , P 20 .

5 _ الدراسة التاريخية للمدينة :

اختلفت الآراء وتعددت حول تاريخ نشأة المدينة ، فمنهم من يرجعها لسكان إفريقيا القدماء ، ومنهم من يقول أنها من إنشاء الإغريق والرومان ، ولكن في الحقيقة لا يمكننا تأريخ المدينة وإرجاعها لفترة محددة إلا بتوفر دلائل أثرية مادية أو كتابية تدعم أي نظرية ، وتعود أقدم الآثار المكتشفة للفترة الفينيقية .

1.5 _ الفترة الفينيقية :

من المرجح أن المدينة قد أنشأت من طرف الفينيقيين حوالي القرن 6 ق م ، وهذا راجع لعدة أدلة منها : أن الموقع يستجيب لشروط المحطات التجارية الفينيقية التي أسست على الضفاف الجنوبية للمتوسط ، منها شرط المسافة واختيار الموقع الطبيعي الذي يساعد على إرساء السفـــن مثل : الجزر والرؤوس والخلجان ، وهي بذلك نقطة الوصل بين كل من تيبازة و تامنفوست المحطتين الفينيقيتين ، أما الأدلة الأثرية التي تدعم هذا الطرح فتتمثل في المكتشفات التي عثر عليها وأهمها : تمثال يتكون من صخرة واحدة نقش عليها رمز الإله "بعل حمون " معبود الفينيقيين ، بالإضافة إلى النقود الفينيقية التي اكتشفت سنة 1940 في حي البحرية (باب الجزيرة) ، وهي عبارة عن 157 قطعة جلها من الرصاص والتي صكت فيما بين القرنين الثاني و الأول قبل الميلاد ، وقد نقش على أحد وجهيها عبارة " إيكوسيم " Ikosim ([1]) .

وقد أسس الفينيقيون مدينتهم _ التي هي عبارة عن مركز تجاري ومحطة للاستراحة أكثر من كونها مدينة _ بالقرب من الساحل (حي البحارة) أسفـــل حي القصبة ، وبعد سقوط قرطاجنة وتدميرها من طرف الرومان في 146 ق م أصبحت مدن غرب شمال أفريقيا ومن بينها " إيكوسيم " مستقلة تحت سلطة الملوك النوميديين ، ثم خضعت لوصاية الملك الموريطاني يوبا الثاني ، وبعد مقتل بطليموس آخر ملوك البربر سنة 40 م سقطت المدينة ككل شمال إفريقيا في أيدي الرومان ([2]) .

[1]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 141 – 144 .
[2]- عمورة عمار ، المرجع السابق ، ص 17 .

2.5 _ الفترة الرومانية :

تغير اسم المدينة في الفترة الرومانية إلى " إكوزيوم " ، وبداية من القرن الأول منحت المدينة لقب المستعمرة اللاتينية وهذا دليل على أهميتها ([1]) ، و قد ذكر الرحالة العربي " أبو عبد الله البكري " (ق 5 هـ ، ق 11 م) ما يلي : " ... إلى مدينة جزائر بني مزغنى وهي مدينة جليلة قديمة البنيان ، فيها أثار للأول وآزاج محكمة تدل أنها كانت دار مملكة لسالف الأمم ، وصحن دار الملعب فيها قد فرش بحجارة ملونة صغار مثل الفسيفساء ... وكانت بمدينة بني مزغنى كنيسة عظيمة بقي منها جدار مدير من الشرق إلى الغرب ... " ([2]) ، أما عن امتداد المدينة في هذه الفترة فقد كان عرضيا أي من الشرق إلى الغرب وهو أوسع منه مما كان في الفترة الفينيقية ، حيث وصلت لغاية باب عزون وباب الواد ، و لم تمتد للجنوب من جهة القصبة التي كانت عبارة عن حدائق وبساتين ، وتميزت المدينة في العهد الروماني بشوارعها المستقيمة ، إذ كان هناك شارعان رئيسيان يمتد الشارع الأول من الشمال للجنوب وينطبق على شارع باب عـــزون ، أما الشارع الثاني الممتد من الشرق للغرب فينطبق على نهج البحرية الحالي ([3]) .

وتم العثور على أثار العهد الروماني في المدينة من طرف الاحتلال الفرنسي أثناء عمليات البناء وتوسيع المدينة وشق الطرقات ، بالإضافة إلى المخلفات الجديدة وهي عبارة عن أطلال من منزل روماني و قطع نقدية وفخارية ، والتي عثر عليها في حفرية انقاضية بساحة الشهداء في 2009 .

3.5 _ الفترة الوندالية والبيزنطية :

لم نستطع التعرف عن الأحداث التاريخية للمدينة في هذه الفترة ، ويرجع ذلك لغياب المعلومات و الكتابات التاريخية عنها في هذه الحقبة ، كما أنه تلاشى ذكرها في كتب الرحالة لمدة 4 قرون ، ثم تبرز من جديد مع بني مزغنة .

---

[1] - راجعي زكية ، إشراف الأستاذ : لعرج عبد العزيز ، مساكن الفحص بمدينة الجزائر في العهد العثماني – دراسة أثرية معمارية وفنية – ، رسالة دكتوراه في الآثار الإسلامية ، معهد الآثار ، الجزائر ، 2007 ، ص 15 .

[2]- البكري أبو عبيد الله ، كتاب المسالك والممالك ، حققه : أدريان فان ليوفن ، أندري فيري ، ج 2 ، الدار العربية للكتاب ، تونس ، 1992 ، ص 732 .

[3]- عمورة عمار ، المرجع السابق ، ص 18 .

وقد تعرضت المدينة لثورات من السكان الأصليين ومن بينهم ثورة الأمير " فرموس " Firmus ، و تم الاستيلاء على المدينة و تخريب العديد من منشآتها ، ثم استرجعت من طرف القائد الروماني " ثيودوس " Théodose عام 375 م ([1]) ، وفي القرن 5 م سقطت شمال إفريقيا في أيدي الوندال ([2]) الذي دمر وخرب المدن وقضى على الأخضر واليابس فيها ، وفي القرن السادس ميلادي (533 م) عادت شمال إفريقيا للاحتلال البيزنطي ومن بينها مدينة الجزائر ، والذي طرد من قبل الفاتحين المسلمين في القـــرن السابـــع ميلادي ([3]) .

4.5 _ الفترة الإسلامية :

بدأت الفتوحات الإسلامية لشمال إفريقيا في القرن السابع ميلادي ، ولكن بالرغم من هذا لم يتم ذكر مدينة الجزائر إلا في القرن 10 م ، حيث ذكرها الرحالة العربي " ابن حوقل " (948 م) قبل أعوام قليلة من إعادة تأسيسها من قبل " بلكين بن زيري بن مناد " إذ يقول : " وجزائر بني مزغنة مدينة عليها سور في سيف البحر أيضا ، .... ولها جزيرة في البحر على رمية سهم منها تحاذيها فإذا نزل بهم عدو لجئوا إليها فكانوا في منعة وأمن ممن يحذرونه ويخافونه " ([4]) ، ثم ذكرت من طرف الجغرافي " الإدريسي " في كتابه " نزهة المشتاق " الذي ألفه في القرن الثاني عشر ، وجاء فيه ما يلي : " ومن شرشال إلى الجزائر لبني مزغنى سبعون ميلا ، ومدينة الجزائر على ضفة البحر ، وشرب أهلها من عيون على البحر عذبة ومن أبار ، ... وأهلها قبائل ولهم حـــرمـــة مانعة " ([5]) ، وقد ذكرها " ابن خلدون " في كتابه كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر بما يلي : " كانت مدينة الجزائر هذه من أعمال صنهاجة ، ومختطها بلكين بن زيري ، ونزلها بنوه من بعده ، ثم صارت إلى الموحدين ، وانتظمها بنو عبد المؤمن في أمصار

---

[1]- Berbrugger A , Op Cit , P 15 .

[2]- الوندال : شعب جرماني همجي قام باحتلال ممتلكات الإمبراطورية الرومانية خلال القرن الخامس ميلادي ، واستمر زحفه حتى شمال إفريقيا .

[3]- Devoulex Albert , El Djazir : Histoire d'une cité d'Icosium à Alger , Edition critique : Belkadi Bedredine , Benhamouche Mustapha , ENAG édition , Alger , 2003 , P p 32 ,33 .

[4]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 158 .

[5]- الإدريسي الشريف ، المغرب العربي من كتاب نزهة المشتاق للإدريسي ، حققه ونقله : محمد حاج صادق ، Edition OPU ، Belgique ، 1983 ، ص 114 .

المغربين وإفريقية " ([1]) ، و في الحقيقة أن ابن خلدون لم يذكر تاريخ التأسيس وإنما أستنتج من خلال النص أن المدينة أسست في النصف الثاني من القرن العاشر ([2]) .

وقد انضوت المدينة تحت حكم الموحدين ، وعقب سقوط الدولة الموحدية خضعت المدينة للتنافس من قبل الزيانيين في تلمسان والحفصيين في تونس ، فمرة تكون للزيانيين وتارة أخرى للحفصيين ، وخلال القرن 14 م تم الاستنجاد بالثعالبة الذين كانوا يسكنون سهول منتيجة ، وفي هذه الفترة أقامت المدينة نوعا من نظام الجماعة ، سلمت فيها المشيخة إلى " عبد الرحمان الثعالبي " وبعد موته انتقلت السلطة إلى منافسيهم من " أولاد سالم " وزعيمهم " سليم التومي " الذي كان مستبدا في حكمه ([3]) .

5.5 _ الفترة العثمانية :

أدى التقهقر وانقسام المغرب إلى دويلات متناحرة فيما بينها ، وسقوط أخر معاقل المسلمين في الأندلس في نهاية القرن الخامس عشر، إلى هجرة الأندلسيين مرغمين إلى شمال إفريقيا وانتشار عمليات القرصنة في ضفة المتوسط ، وقد أعقب هذا الاختلال في الموازين سقوط العديد من المرافئ الساحلية في أيدي الإسبان ومن بينها مدينة الجزائـــر (جزيرة الصخرة بالتحديد) وبجاية ووهران ، حيث قام " سليم التومي " بعقد صلح مع ملك الإسبان " دون فرناندو " في 1510 م ، يقضي بدفع غرامة سنوية والسماح للقائد الاسباني "بيدرو نفارو" بإنشاء حصن " البنيون " فوق أكبر جزر المدينة وعلى بعد 300 م فقط من المدينة ([4]) ، ويذكر " الحسن الوزان " – الذي عاش في القرن 16 - إنشاء القلعة فيقول : " .... لذلك أرسل الملك الكاثوليكي فرناندو أسطولا عظيما لحصار الجـــزائر ، فشيدوا قلعة جميلة كبيرة في جزيرة صغيرة مقابلة تماما للمدينة وقريبة منـــها ، بحيث كانت قذائف المدفعية تصل إلى اليابسة بل وتمر فوقها من سور إلـــى سور ، فاضطر أهـــل الجـــزائـــر إلى إيـــفاد سفارة إلى إسبانيا تطـــلب هدنة عشر

[1]- العلامة ابن خلدون عبد الرحمان المغربي ، كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر في أيام العرب والعجم والبربر ومن عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر ، المجلد 7 ، منشورات دار الكتاب اللبناني ، بيروت ، 1968 ، ص 207 .

[2]- Devoulex Albert , Op Cit , P 34 .

[3]- الميلي مبارك بن محمد الهلالي ، تاريخ الجزائر في القديم والحديث ، ج 3 ، مكتبة النهضة الجزائرية ، الجزائر ، 1964 ، ص 43 .

[4]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 161 _ 163 .

سنوات ..." ([1]) ، ونتيجة لهذه الظروف قرر السكان الاستنجاد بالأخوة بربروس – الذين سبقتهم أخبارهم مع مهاجري الأندلس - ، وفـــي مطلـــع الـــقرن 16 أي 1516 م دخـــل " عروج " للمدينة وحاول طرد الإسبان المتمركزين في حصن البنيون ، لكنه فشل مما أثار السكان فقرر التخلص من الشيخ التومي وإعلان نفسه حاكما على المدينة ، ثم قام بتحرير باقي المدن المحتلة وإخضاعها لسلطته (تنس ، المدية ، مليانة وتلمسان التي توفي بها سنة 1520) ، وبعد موت "عروج" تولى أخوه " خير الدين " شؤون المدينة من بعده ، وقام بتحرير حصن الصخرة من التواجد الإسباني، وألحق المدينة بسلطة الإمبراطورية العثمانية التي منحته لقب " الباشا " وزودته بالجيش والعدة ، وبذلك دخلت المدينة تحت السلطة العثمانية وخاضت حروبا عديدة لتحرير شواطئها من براثن الاحتلال الاسباني والفرنسي لغاية 1793 (تاريخ تحرير المرسى الكبير بوهران من أيدي الأســـبان) وأصبحت قوة عظيمة في غرب المتوسط ([2]) .

_ امتداد المدينة في الفترة العثمانية :

توسعت المدينة في هذه الفترة وبلغت أقصاها واتجه التعمير نحو الجنوب وتسلق مرتفعات القصبة العليا متجاوزا قصبة بلكين التي كانت تمتد لغاية جامع سيدي رمضان ، وبدأ التوسع بوصول مهاجري الأندلس في أواخر القرن 15 م ، وبتشييد القلعة (التي كانت تعرف بالقصبة) في بداية القرن 16 م من طرف خير الدين ، وفرارا من القصف المدفعي الإسباني والحمالات الصليبية الأخرى للمدينة ، وقد أحيطت المدينة بأسوار تتخللها بروج محصنة بها مدافع للحماية ، وقد رأى الأتراك تحصين المدينة من الجهة الجنوبية الغربية بالخصوص بالنظر لشدة ارتفاعها ومساعدتها على مراقبة الميناء من أي حملة ، بدلا من الجهة الشرقية التي كانت محمية بالبحر ، والجهة الشمالية التي كانت شديدة الانحدار([3]) .

---

[1]- الحسن بن محمد الوزان الفاسي ، وصف إفريقيا ، ترجمة : محمد حجي ، محمد الأخضري ، ج 2 ، ط 2 ، دار الغرب الإسلامي ، لبنان ، 1983 ، ص 38 .

[2]- إشبودان العربي ، المرجع السابق ، ص 28 ، 29 .

[3]- الجيلالي عبد الرحمان ، دراسات وأبحاث – تاريخ المدن الثلاث الجزائر ، لمدية ، مليانة بمناسبة عيدها الألفي – الجزائر ، دت ، ص 80 – 82.

وكان للمدينة خمسة أبواب هي : باب عزون ، باب الواد ، باب الحـــوت أو الديوانة ، باب الجزيرة والذي كان يدعى بباب الجهاد وباب الجديد الذي كان يقع في الجنوب الغربي وهو أعلاها ([1]) ، وقد تزاحمت المساكن داخل الأسوار فعمرت الديار الحدائق والشعاب ، ثم بدأت بالتسلق فوق بعضها ببناء طابق ثاني وبذلك ضاقت الشوارع وتحولت لأنفاق ودروب مظلمة لا تر الشمس ([2]) ، وقد ذكر الحسن الوزان عن المدينة ما يلي : " .... وهي كبيرة جدا تضم نحو أربعة آلاف كانون ، أسوارها رائعة ومتينة جدا مبنية بالحجر الضخم ، فيها دور جميلة و أسواق منسقة كما يجب لكل حرفة مكانها الخاص ، وفيها كذلك عدد كثير من الفنادق والحمامات .... أمامه ساحة جميلة جدا اتخذت على سور المدينة ذاته الذي تتلاطم عند أسفله أمواج البحر ... " ([3]) ، وقد كانت المدينة في هذه الفترة مقسمة إلى أحياء سكنية منها : حي البحرية الذي تركزت به الطبقة الأرستقراطية من الأتراك والمصالح التجارية البحرية ، وحي باب الواد تركز به اليهود التجار ، وحي باب عزون للأجانب وأصحاب التجارة من السكان المحليين ، ثم حي القصبة القديمة للعرب ، أما حي القصبة الجديدة أو العليا فللإنكشارية والدايات وأصحاب المناصب العالية في الدولة ، وتتخلل هذه الأحياء أسواق متنوعة ومختلفة ومساجد كثيرة صغيرة وكبيرة ([4]) .

وبذلك فقد احتوت المدينة على قصبتين : قصبة بلكين (الصنهاجية) و قصبة عروج (الأتراك) ، أولا: قصبة بلكين التي كانت تمتد فيما بين خط يتبع شارع باب الواد – باب عزون ، وخط نهج بالمي Palmier و أنيبال Annibal أي بين خطي كنتور 20 و80 مترا تقريبا ، وأحيطت المدينة بأسوار ، وقد روعي في هذا التخطيط وجود عيون لمياه الشرب داخل الأسوار وفي المرتفعات لتسهيل عملية تزويد السكان بالمياه ([5]) .

ثانيا : قصبة الأتراك والتي وسعت لموضع أكثر ارتفاع من القصبة الصنهاجية ، وهذا نتيجة لعامل الحماية والنمو الديموغرافي وبذلك وصلت لحدود القلعة جنوبا ، وضاقت

[1]- سليماني أحمد ، تاريخ المدن الجزائرية ، دار القصبة ، الجزائر ، 2007 ، ص 59 .
[2]- الجيلالي عبد الرحمان ، المرجع السابق ، ص 82 .
[3]- الحسن الوزان ، المصدر السابق ، ص 37 .
[4]- حليمي عبد القادر ، المرجع السابق ، ص 225 ، 226 .
[5]- الجيلالي عبد الرحمان ، المرجع السابق ، ص 82 ، 84 .

أنهجها وأزقتها لحد يصعب لجملين متعاكسين من المرور ، كما تتميز النهج و الشوارع بالتعرج الذي يشبه المتاهة ([1]) .

6.5 _ فترة الاحتلال الفرنسي :

ابتداء من القرن 19 م دبت الخلافات وتوالت انقلابات الجيش الإنكشاري على الحكام ، وانتشر الفساد مما أتاح الفرص أمام الدول الأوربية المتربصة ومن بينها فرنسا التي اتخذت حادثة المروحة كذريعة للغزو ، فحشدت جيوشها وسارت بهم قبالة الساحل الجزائري في جوان 1830 ، وتمكنت من الدخول من نقطة سيدي الفرج التي أغفل الجزائريون تحصينها ، وبدخولها أحكمت سيطرتها على البلاد بعد معارك ومقاومات طاحنة قادها الشعب الجزائري ، وقد عاث الجيش الفرنسي فسادا في المدن والمناطق التي دخلها ومارس كل أنواع الظلم والاستبداد في حق الشعب ، حتى اندلاع ثورة نوفمبر 1954 بحثا عن التحرر وتطلعا له ، ما جعل جيش الاحتلال يفرض على جل المدن ومن بينها مدينة الجزائر حصارا وطوقا أمنيا شديدا ، أدى بالشعب إلى إشعال حرب الشوارع والمدن فيما يدعى بمعركة الجزائر لتخفيف الوطأة عن منطقة القبائل و الأوراس ، وظل هذا الوضع قائما لغاية إعلان استقلال الجزائر في 5 جويلية 1962 .

6 _ الهندسة المعمارية لمنازل القصبة :

بالنظر لموجة الهجرات التي شهدتها مدينة الجزائر سواء من الأندلس ، أو من الأتراك الذين وصلوا بعد إلحاق الجزائر بالإمبراطورية العثمانية ابتداء من القرن السادس عشر ميلادي ، جعل المدينة تتعرض لنمو ديموغرافي كبير ما أوجب التوسع وزيادة الطوابق في المنازل .

تتشابه منازل القصبة في تخطيطها مع بعضها البعض ، إذ أن معظمها يماثل القصور الموجودة (قصر عزيزة ودار خداوج ...) مع وجود اختلافات بسيطة في المساحة ومواد البناء كاستعمال حجارة الطوف بدل الرخام ، وقد كتب المعماري Guiauchain مايلي : " يبدو أنها بنيت على طراز واحد ومن طرف نفس الفريق من

[1]- الجيلالي عبد الرحمان ، المرجع السابق ، ص 84 ، 86 .

العمال " ([1]) صورة رقم 24 ، وقد أعجب الكثير من الرحالة والكتاب الأجانب بالهندسة المعمارية لمنازل مدينة الجزائر ، وقاموا بإعطاء أوصاف دقيقة لهذه المنازل والقصور ومن بينهم : هايدو و الدكتور شاو ، ولسباس Lespes وكوترو M.J.Cotereau ، و لوجي دو تاسي Laugier de Tassy والذي قال أنه: " .... بنيت منازل الجزائر من الحجارة والآجر و تكون عادة مربعة ، تحتوي على صحن مبلط في الوسط يكون مربع الشكل في أغلب المنازل ، وحول الصحن هناك أربعة أروقة وفوق هذه الأروقة المدعومة بالأعمدة أربعة أروقة أخرى مدعومة أيضا بأعمدة ، أما عن أبواب الغرف فتلامس السقف وهي ذات مصراعين ... ، وتحمل هذه الأروقة سطحا الذي هو في العادة منزها للرجال والنساء ..." ([2]) .

صورة رقم 24 : منظر عام للقصبة ، عن الأستاذ حميان مسعود .

[1]- إشبودان العربي ، المرجع السابق ، ص 65 .

[2]- Laugier de Tassy , Histoire du royaume d'Alger , Amsterdam , 1724 , p 164 .

تتكون منازل القصبة إما من طابقين أو من ثلاثة طوابق ، وتحتوي على جميع مرافق الحياة بالداخل ، بحيث ينفتح الباب في الطابق الأرضي على مساحة تسمى " السقيفة " (صورة رقم 25) وهي مخصصة للضيوف تعادل قاعة الانتظار ، تحتوي على مقاعد مدمجة في الجدار مدعومة بنصف أعمدة وعقيدات مبتورة ، تنفتح السقيفة عرضيا على وسط الدار(صورة رقم 26) المربع أو المستطيل الشكل الذي يسقف بمادة زجاجية ملونة تسمح بإضاءة المنزل في النهار [هناك منازل أخرى يكون وسط الدار فيها مكشوفا وغير مغطى] ، يحاط هذا الصحن بأروقة طويلة وضيقة مدعومة بأعمدة وتوجد في هذا الطابق عادة غرفتين إلى ثلاث غرف مستطيلة الشكل ([1]) ، إذ توجد به غرفة للضيوف ومطبخ و غرفة للأكل بالإضافة إلى مخزن ومرحاض .

أما الطابق الأول والمخصص أساسا للنساء والعائلة ، والذي يتم الوصول إليه من خلال الصعود على سلالم ضيقة ومرتفعة نوعا ما ، ويحتوي هذا الطابق على أربعة أروقة مدعومة بأعمدة محاطة بدرابزين من الخشب ، توجد في هذا الطابق أربع غرف ذات شكل مستطيل مخصصة للنوم (صورة رقم 27) ، تحتوي كل غرفة على باب ونافذتين كبيرتين تطلان على الصحن ([2]) بعكس النوافذ التي تطل على الشارع التي تكون صغيرة جدا وهي إما مربعة أو دائرية الشكل .

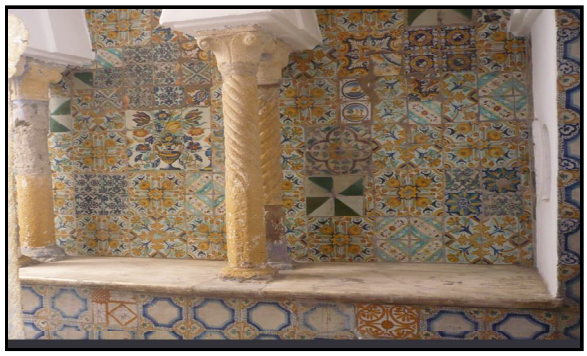
أما السطح فيصعد إليه بواسطة سلالم ، ويحتوي عادة على غرفة واجهتها مفتوحة تدعى " بالمنزه " ، ويخصص السطح عادة لنشر الغسيل وأعمال منزلية أخرى ([3]) .

عادة ما تحتوي بيوت القصبة على خزان لتجميع مياه الأمطار أو بئر في طابق تحت الأرض ([4]) .

تزين معظم الجدران الداخلية بالمربعات الخزفية المختلفة حتى المنتصف ، وتبلط الأرضيات بأشكال سداسية من الآجر أو الرخام ، أما أسقف الغرف فتكون إما من الخشب

1- Venture de Paradis , Op Ci , p 8 .
2- Lespès R , Op Cit , P p 70 , 71 .
3- DR Shaw , Op Cit , P p 99 , 100 .
4- Cotereau M . J , La maison Mauresque , Collection les chantiers Nord Africains , Alger , Juin 1930 , P 6 .

الملون أو من الجص المزخرف أو عبارة عن عوارض خشبية ، وتسند الأروقة أعمدة حجرية بسيطة أو مركبة أو مضفورة تحمل عقودا منكسرة أو مفصصة أو متجاوزة .



صورة رقم 25 : تمثل نموذج من مقعد بالسقيفة ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 26 : منظر لصحن منزل ، من تصوير الطالبة .

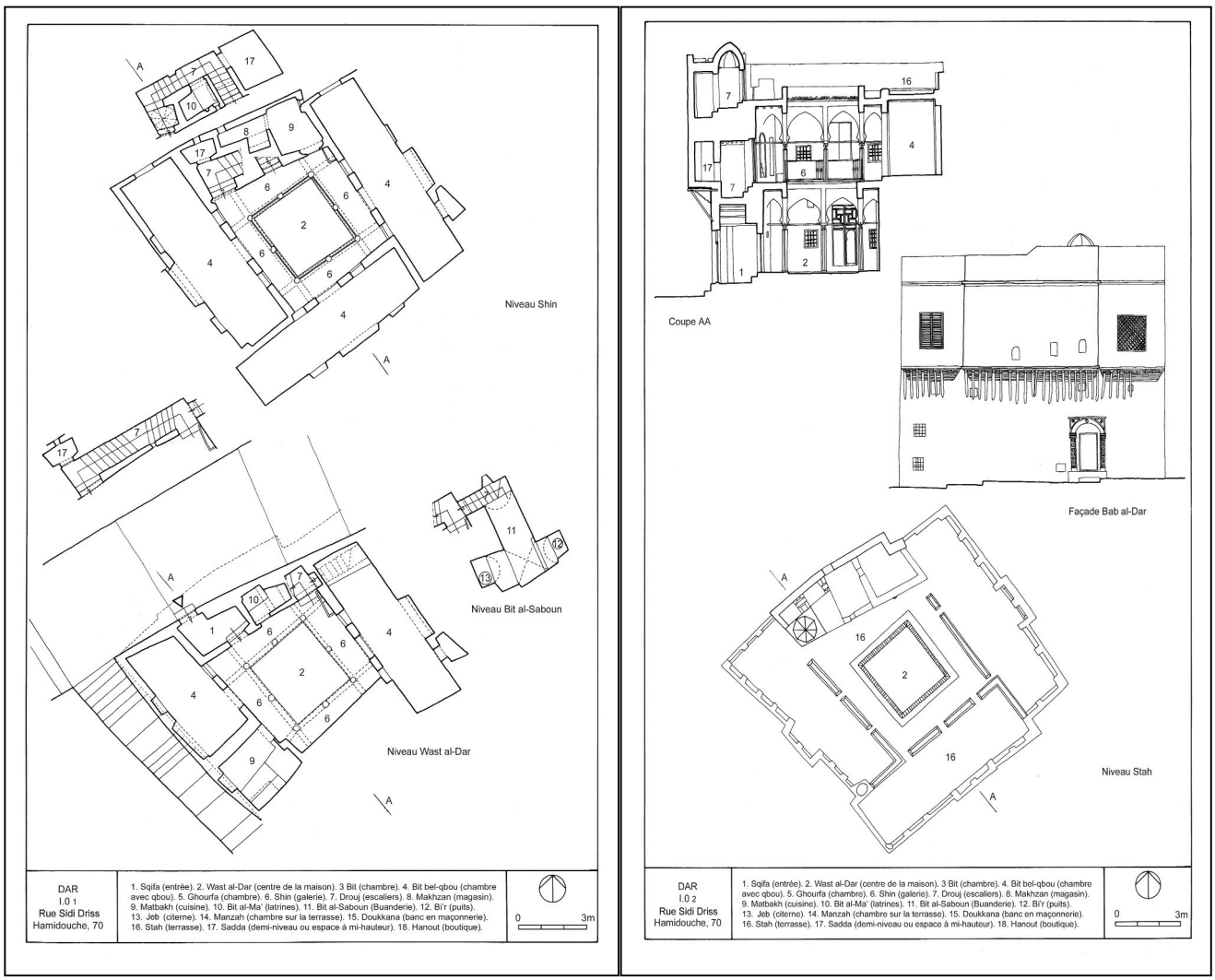
صورة رقم 27 : منظر لأحدى غرف الطابق الأول ، من تصوير الطالبة .

وللعلم أنه يمكن تصنيف منازل القصبة إلى نوعين :

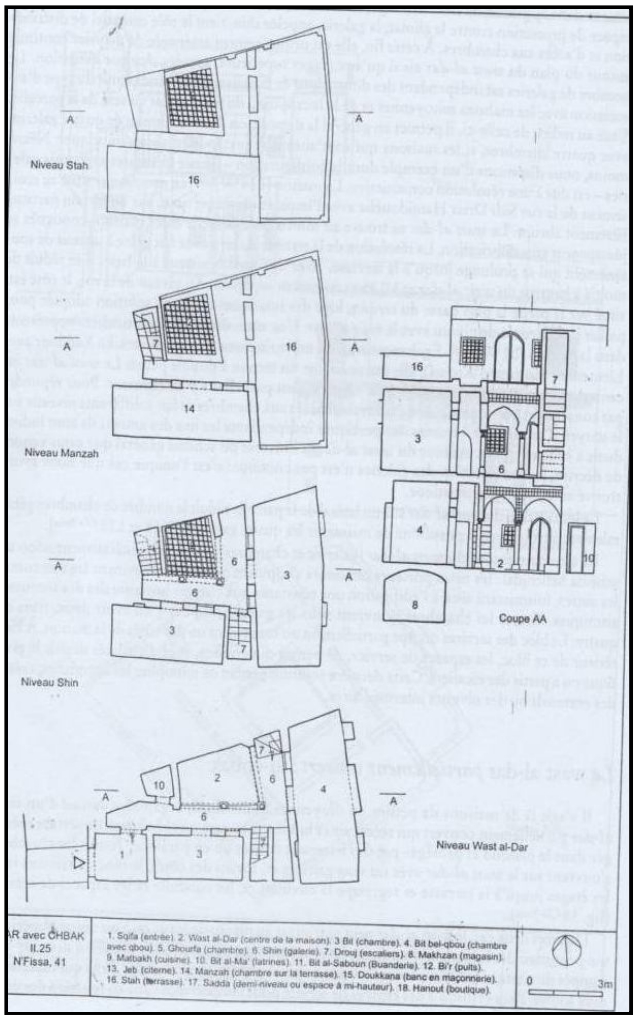
- منازل تحتوي على وسط الدار (صحن) والتي يمكن أن تقسم إلى نوعين أيضا : نوع يكون صحنه مكشوف ، والنوع الأخر صحنه به شباك .

- ومنازل بدون صحن وتدعى العلوي ([1]) ، وفيما يلي أشكال رقم : 12 ،13 ، 14 بها مخططات لأنواع من بعض المنازل .

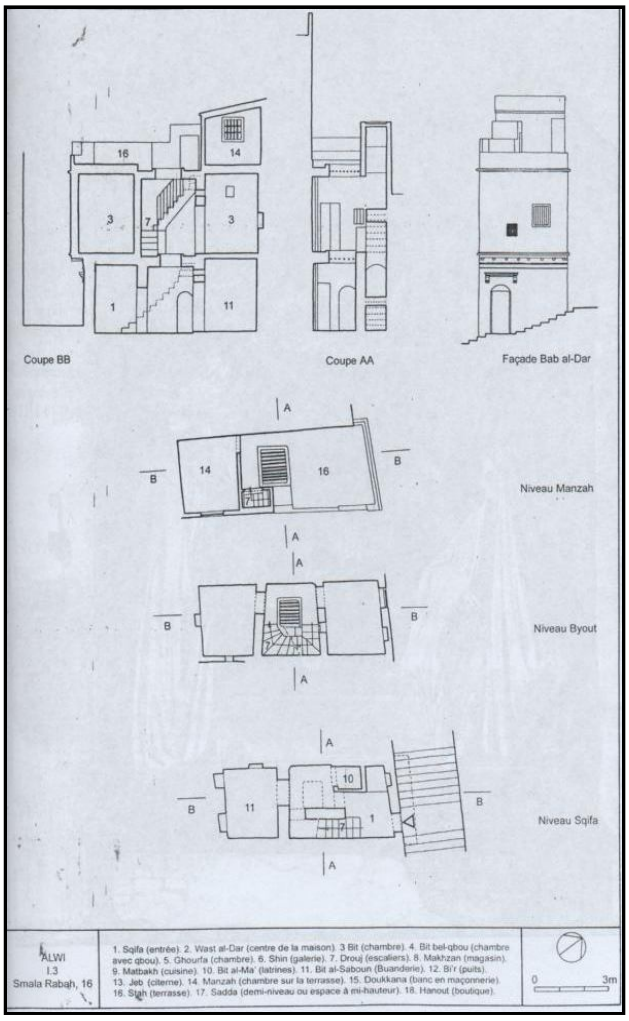
[1]- للإطلاع أكثر يمكن الرجوع إلى كتاب : Missoum Sakina , Op Cit , p p 203 – 229



شكل رقم 12 : مخطط لمنزل به صحن مكشوف ، عن : Missoum Sakina , Op Cit , P 205 , 206 .



شكل رقم 13 : مخطط لمنزل بصحن مغطى ، عن
Missoum Sakina , Op Cit , P 208 .



شكل رقم 14 : مخطط لبيت علوي (بدون صحن) ، عن
Missoum Sakina , Op Cit , P 209 .

1.6 _ مواد وتقنيات البناء :

1.1.6 _ مواد البناء :

تم بناء المنازل بمواد محلية مختلفة وقد استعملت كلا من الحجارة والآجر ، وقد شكلت حجارة الطوف أساسات المنازل ، أما الجدران فقد أستعمل فيها الآجر المشوي أو المجفف في الشمس ، وملاط جيد يتكون من تربة حمراء ورمل المحاجر والجير الدهني ، أما في التسقيف ودعم الجدران وإسناد خرجات المنازل فقد تم استعمال الجذوع العفصية وخشب الأرز الذي جلب من شرشال ومن غابات زكار بمليانة و القبائل الكبرى ([1]) .

[1]- Lespés R , Op Cit , p 70 .

ومما لا شك فيه أن مدينة الجزائر لا تشكو من نقص في المواد الأولية للبناء ، إذ نجد أن الحجارة الكلسية البصلية والتي استعملت كدبش للمباني الكبيرة قد أخذت من جبل بوزريعة حيث تبرز في كتل رقيقة ومترسبة على جانبي واد المغاسل وبالخصوص في جهته الغربية ، وتوجد أيضا على الساحل في نواحي " رأس بسكاد " خصوصا، وتسمى الحجارة الزرقاء لباب الواد ، ومن جهة أخرى نجد في مولاس البليوسان molasse pliocène لمصطفى باشا بنكا من الحجارة الكلسية الخشنة الأكثر أو الأقل متانة والتي تظهر في " رويسو" وبالأخص في " واد كنيس " بالقبة والأبيار وهي حجارة الطوف ([1]) .

أما عن مواد صناعة الآجر فهي متوفرة وتتمثل في المارن الساحلي للأبيار ، ومارن البليوسان والطين الطميي للواد السفلي للحراش وهو مناسب جدا لصناعة الأجر غير المشوي والمشوي والقرميد ، أما عن الرمل فقد جلب من الشواطئ والمحاجر " بعين طاية " و " رويسو " ، وقد تم استعمال الجير الدهني مع الرمال الحمراء المتشكلة في البليوسان الكثيرة أو القليلة الطين للحصول على الملاط المستعمل في بناء المنازل و السور التركي ، وجلب الجص من نواحي " الروفيقو " Rovigo و Camp de chênes على طريق المدية أو بالقرب من شرشال ([2]) .

كما نجد مواد للزينة تتمثل أساسا في المربعات الخزفية التي تكسى بها الجدران الداخلية حتى المنتصف ، وهي إما محلية الصنع أو مستوردة من الخارج : من تركيا ، هولندا ، تونس .

2.1.6 _ تقنيات البناء :

تم استعمال تقنيات وطرقا بسيطة لبناء منازل القصبة في الفترة العثمانية ، ولقد أنتجت لنا بيوتا من أجمل ما يكون .

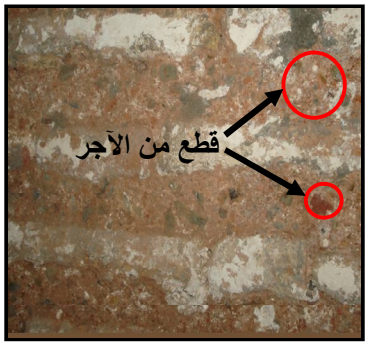
---

[1]- René Lespès , Alger : étude de géographie et d'histoire urbaines, collection du centenaire de l'Algérie 1830-1930 , Librairie félix Alcan , Paris ,SD ,p p 54 , 55 .

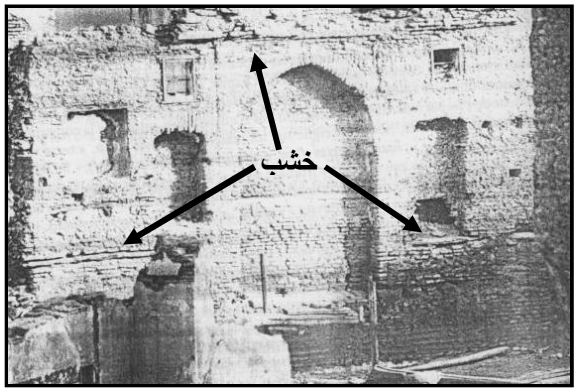
[2]- Idem , p 55 .

1.2.1.6 _ تقنية بناء **الجدران** : يتم استعمال الآجر القليل الطهي ذا الأبعاد المختلفة (3×10×30 سم) مع ملاط من التربة والجير بسمك يتراوح من 2 إلى 3 سم (صورة رقم 28) ، كما تم المزج بين الآجر و الحجارة (دبش) بالنسبة لجدران الطابق الأرضي مع استعمال تقنية البيزي pisé ([1]) ، وهذه التقنية هي عبارة عن مزج التراب أو المارن مع الجير مع الماء ثم وضعها بين لوحين خشبيين ودكها ، ثم استعمال الطوب أو الدبش ولكن الأكثر استعمالا هو الآجر غير المشوي أو المشوي والحجارة ، كما يمكن إضافة قطع الآجر المتكسرة (صورة رقم 29) ([2]) ، كما هناك تقنية لمقاومة الزلازل وتتمثل في وضع جذوع خشبية أفقية بأبعاد مختلفة وبطريقة متقطعة ، والتي تساعد الأساس الجديد في الأجزاء العليا من الجدار (صورة رقم 30) ، ويقدر معدل سمك الجدران بـــ : 50 سم بالنسبة للطابق الأرضي ، ويقل إلى 30 سم في الطابق العلوي ، ويتم طلاء الجدران بطلاء تبطين مشابه للملاط المستعمل في بنـــاء الجدران ([3]) .

صورة رقم 28 : تقنية البناء بالآجر ، من تصوير الطالبة .



صورة رقم 29 : إضافة قطع الآجر للملاط ، عن الأستاذ حميان مسعود .



صورة رقم 30 : إضافة الأخشاب لمقاومة الزلازل ، عن Missoum Sakina , Op Cit , P 235 .

أما عن تحضير الملاط فيذكر لنا " الدكتور شاو " كيفية وتركيبة الملاط المستعمل فيقول أنه : " يؤخذ جزأين من رماد الخشب وثلاثة أجزاء من الجير مع جزء من الرمل الناعم الذي يمرر على الغربال ، يتم خلط جميع المكونات ثم يضرب هذا المزيج بواسطة مطرقة خشبية لمدة ثلاثة أيام وثلاثة ليالي متتالية مع إضافة كل من الماء والزيت

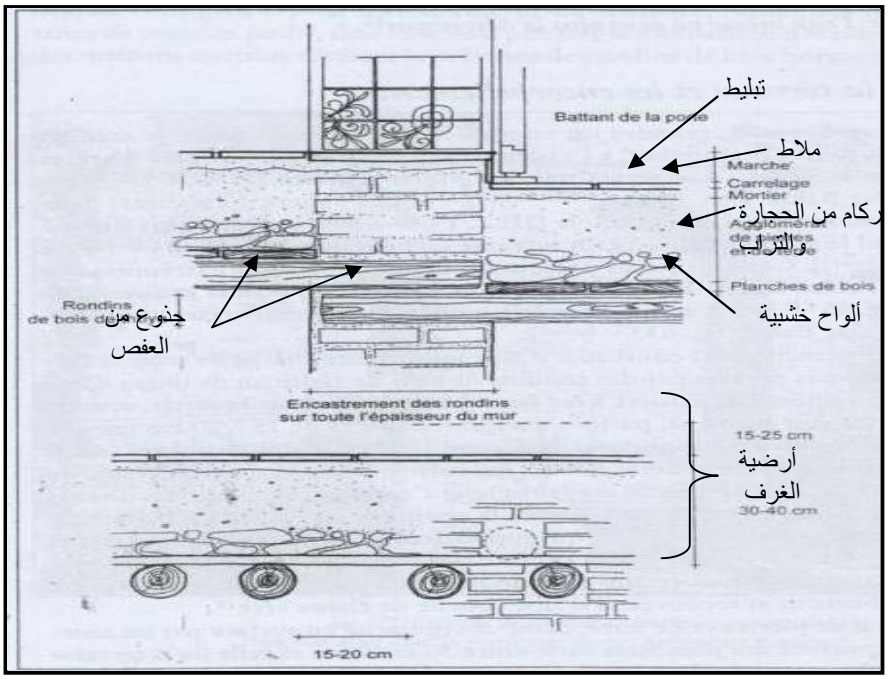
---

[1]- Missoum Sakina , Op Cit , P 233 .
[2]- Cotereau M . J , Op Cit , p 10 .
[3]- Missoum Sakina , Op Cit , P 234 .

بالتناوب و بمدة محددة وهذا لغاية اكتساب المزيج التماسك المطلوب ، ويستعمل هذا الملاط في بناء العقود و خزانات الماء وفي الأسطح ، ... ويكسب هذا الملاط متانة للحجارة لبعض الوقت ، كما أنه غير نفوذ للماء " ([1]) .

2.2.1.6 _ تقنية بناء أرضية الطوابق والأسطح :

تتكون الأرضية من حمولة كبيرة من التراب المستندة على ألواح خشبية ، التي تحمل بدورها على جذوع من خشب الأرز أو العفص ، ويكون الفارق بينها من 15 إلى 20 سم وهذا راجع للوزن الكبير الذي عليها أن تحمله ، وبالنظر لطول الجذوع المستخدمة يتحدد عرض الغرف والتي تختلف من 2 إلى 2.50 متر ، ولتجنب انكسار هذه الجذوع داخل الغرفة في حالة انحناء الرافدة يتم وضع ألواح خشبية تستند على ركام من الحجارة والتراب ، كما يمكن أن نجد أيضا آجر مرتب أفقيا على دعامة ثم تغطى بطبقة من الجير الحي ، وفوق طبقة ركام الحجارة و التراب توضع طبقة من الملاط لتسوية السطح بغية تثبيت البلاطات الأرضية ، يتراوح سمك الأرضية بين 30 و 40 سم ويمكن أن يتجاوز 50 سم في السطح ، وتتمثل أهمية سمك أرضية السطح في العزل الحراري والمائي الجيد ([2]) و الشكل رقم 15 يبين مخطط للأرضية .



شكل رقم 15 : مخطط لأرضية الرواق والغرف ، عن : Missoum Sakina , Op Cit , P 235 .

[1]- DR Shaw , Op Cit , P p 104 , 105 .
[2]- Missoum Sakina , Op Cit , P 234 .

لا تعتبر أرضية الرواق امتدادا لأرضية الغرف ، إذ أن الجذوع في أرضية الغرف تتواجد فوق ما هو موجود في الرواق ، وتستند هذه الجذوع على الجدار الداخلي للغرفة وعلى العقود التي تحيط بوسط الدار ، في حين يبلغ ارتفاع الممر من 15 إلى 25 سم والذي يجب اجتيازه للولوج إلى داخل الغرفة ، ويظهر التباين أيضا في اختلاف الارتفاع تحت السقف بين الغرف والرواق ، تسمح هذه البنية على مستوى السطح بتصريف مياه الأمطار من المحيط إلى الداخل على انحدار خفيف لغاية الخزان ، يمكن أن يبلط السطح بواسطة مربعات فخارية أو بطلاء enduit ، إذ يمكن لهذه البلاطات أن تتشقق بفعل التعرض لتغيرات الحرارة ولهذا كان يتم تكسيتها كل عام بماء الجير لسد الشقوق ([1]) .

3.2.1.6 _ تقنية بناء العقود :

تشكل العقود عنصرا معماريا كثير الاستعمال في عمارة القصبة ، وتتواجد أساسا عند المداخل وفي الأروقة ، تحمل العقود على أعمدة حجرية أحادية تعلوها تيجان أيونية ، يتم بناء العقد باستخدام الآجر والملاط ، تعمل العقود على توفير فضاء أكبر بالإضافة إلى مساهمتها في إنارة وتهوية البيت ، وقد عمل المعماري الجزائري على تطوير تقنيات مقاومة للزلازل ، من بينها وضع صف أو صفين من جذعين أو ثلاثة جذوع عمودية على بعضها البعض وهذا فوق التاج على مستوى الطبلية وعند بداية العقد ([2]) . صورة رقم 31 .

صورة رقم 31 : تبين تقنية مقاومة الزلازل ، من تصوير الطالبة .

تنوعت العقود المستعملة في العمارة بين العقد الكامل والمنكسر والمنكسرة المتجاوزة ، كما نجد عقدا أبدعه المعماري الجزائري وقد سماه "جورج مارسي" العقد الجزائري ويستعمل خصيصا في السقيفة ، وقد نتج عن المزاوجة بين العقد المتجاوز والعقد المزدوج ([3]) .

1- Missoum Sakina , Op Cit , P 235 .
2- Idem , P p 237 , 238 .
3- Cotereau M . J, Op Cit , P 17 .

2.6 _ أطر الأبواب :

أطرت معظم الأبواب الخارجية والمداخل في بيوت القصبة بإطار من حجارة الطوف والتي تمت زخرفتها بزخارف نباتية وهندسية متنوعة .

والإطار هو عبارة عن عنصر معماري يحيط بعنصر آخر لجمع أجزائه أو الإحاطة بها لتقويتها أو تزينها ، ويمكن أن يكون الإطار من مواد مختلفة كالخشب و الحجارة المتنوعة ، وبأشكال مختلفة كالعقود مثلا ودورها تزييني بحت ([1]) ، ويتكون الإطار في أبواب مباني القصبة من عمودين يرفعان عقدا نصف دائري في الغالب ، أو دعامتين من حجارة الطوف يعلوهما عقدا (صورة رقم 32) ، ويحتوي الإطار على زخارف نباتية مختلفة تتشكل أساسا من الزهور ، كما قد تحتوي على زخارف هندسية في شكل حزات ، وقد تم طلاء جل أطر المداخل بأصبغة مختلفة ومتنوعة أغلبها زيتية ذات لون بني أو أبيض ، ويمكننا أن نجد طبقات متعددة من الطلاء ، وفيما يلي صورة رقم 33 (أ ، ب ، ج ، د) بها نماذج للزخارف الموجودة على بعض الأطر .

صورة رقم 32 : نموذج لإطار باب ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 33 (أ،ب،ج،د) : نماذج من الزخارف الموجودة على أطر الأبواب ، من تصوير الطالبة .

[1]- غالب عبد الرحيم ، موسوعة العمارة الإسلامية عربي – إنجليزي – فرنسي ، الطبعة الأولى ، جروس برس ، بيروت ، 1988 ، ص 62 ، 63.

3.6 _ الأعمدة :

للأعمدة استعمالات قديمة قدم المباني فقد استعملت في البدايات الأولى أوتادا أو دعائم خشبية ترفع عادة السقف ، ثم استخدمت الحجارة لهذا الغرض والتي زخرفت وتنوعت عبر الزمن والحضارات ، وقد تم استعمال أعمدة متنوعة في مباني القصبة إذ نجد الأعمدة الدائرية البسيطة صورة رقم 34، والأعمدة المركبة من الأعمدة المثمنة في الجانب السفلي والحلزوني في الجانب العلوي الصورة رقم 35 ، والأعمدة الحلزونية الصورة رقم 36 ، وقد استعملت الأعمدة في الأروقة لإسناد العقود ، و يعلو العمود عادة تاجا أيونيا الصورة رقم 37 .

صورة رقم 34 : عمود دائري بسيط ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 35 : عمود مركب ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 36 : عمود حلزوني ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 37 : تاج أيوني ، من تصوير الطالبة .

7_ تشخيص حالة مباني القصبة :

تعد القصبة من التراث العالمي فقد صنفت إرثا وطنيا في 1982 ، وضمن التراث العالمي في ديسمبر 1992 ، بالإضافة إلى وجود جمعيات تسهر على حمايتها ومن بينها " جمعية المحافظة على القصبة " و " أصدقاء القصبة " ، وهذا ما يعني أن القصبة محمية بمواثيق وطنية وعالمية ، ولكن بالرغم من هذا الجدار القانوني تدهورت حالتها وتلفت الكثير من بيوتها وهناك ما أزيل كلية ، وهذا راجع للأحداث المختلفة التي شهدتها منذ نشأتها منها ما كان طبيعيا ومنها ما كان بفعل البشر .

1.7 _ العوامل المسببة في تلف مباني القصبة :

شهدت القصبة وتعرضت للعديد من الأحداث والعوامل الطبيعية والبشرية التي ساهمت في تدهور وطمس الكثير من شواهدها ، وعن أهم هذه الأسباب نذكر مايلي :

1.1.7 _ الرطوبة :

تلعب الرطوبة دورا أساسيا في تلف مباني القصبة ، وهذا بالنظر لموقعها القريب من البحر الذي يعد مصدرا أساسيا لها ، بالإضافة إلى وجود خزانات للماء وآبار في جل البيوت ، وكذلك الرطوبة الناتجة من الأرض بفعل صعود المياه بالخاصية الشعرية (صورة رقم 38) نتيجة للتركيبة الجيولوجية التي تعمل على الاحتفاظ بالماء إضافة لمياه الأمطار، ويرفع من تأثير هذا العامل المسامية العالية لحجارة الطوف الموجودة على أطر الأبواب والأعمدة ، التي ترفع من الامتصاص مما يتسبب في تدهور المباني وظهور التشققات والمساهمة في ظهور العوامل البيولوجية كالنباتات والكائنات المجهرية ، زيادة على العمل على تقشير الطلاء ، يكون تأثير الرطوبة مضاعفا إذا كانت محملة بالأملاح التي تجلبها التيارات البحرية ، والغازات الملوثة الموجودة في الـــجو .

صورة رقم 38 : صعود المياه بالخاصة الشعرية وتأثيره على الجدار ، من تصوير الطالبة .

وترتفع نسبة الرطوبة في القصبة وتختلف بين ساعات النهار والليل وبين الشتاء والصيف هذا في الخارج ، أما في داخل البيوت فغالبا ما تكون الرطوبة مرتفعة و مستقـــرة ، يمكن الرجوع لمعطيات الرطوبة في فقرة المناخ الخاصة بالرطوبة ، بالإضافة إلى نتائج قياس الرطوبة في القصبة وهذا في الجانب التطبيقي من البحث .

2.1.7 _ تغيرات درجة الحرارة :

تؤدي التغيرات في درجة الحرارة إلى أضرار كبيرة على المباني ، إذ تعمل على تجميد المياه الموجودة في مسام مواد البناء عند انخفاضها مما يولد ضغطا كبيرا على

هذه المواد ، أما في حالة ارتفاع درجة الحرارة تذوب المياه وتعود للحالة السائلة وتساهم في إذابة الأملاح الموجودة في المواد ، كما تعمل على تبخير الماء و بلورة الأملاح ، وبتوالي هذه العملية تضعف المادة وتتفتت أو تتشقق .

في العادة لا يكون التغير الحراري كبيرا ولكن مع السنوات الأخيرة واستفحال ظاهرة الاحتباس الحراري ، صار الشتاء أشد برودة والصيف أكثر حرارة إذ أمكننا تسجيل 55°م خلال شهر جويلية من عام 2009 ، و 0.5°م في فيفري من عام 2004 ، كما كان المدى الحراري كبيرا بين الليل والنهار وهذا ما يؤدي إلى تجفيف مواد البناء .

3.1.7 _ الأملاح :

للأملاح في القصبة مصادر مختلفة أهمها البحر والتربة ومواد البناء ، و يتمثل تأثير الأملاح في تبلورها داخل مادة البناء وزيادة حجمها مشكلة بذلك ضغطا على البنية الداخلية للمادة ونتوج شقوق مجهرية تتوسع عند نفوذ الماء داخلها وتجمده ، كما تتبلور على السطح عند ارتفاع درجة الحرارة وتبخر المياه الحاملة لها مشكلة ظاهرة تعرف بتزهر الأملاح صورة رقم 39 ، كما تعمل على تآكل ونخر السطح الخارجي من حجارة المباني .

صورة رقم 39 : ظاهرة تبلور الأملاح على السطح (التزهر) ، من تصوير الطالبة .

4.1.7 _ الكوارث الطبيعية :

_ الزلازل :

لها فعل هدام ومدمر للمباني يمكن لها أن تمحي البيوت من الأساس ولا تترك إلا الركام ، تقع القصبة في منطقة زلزالية وغير مستقرة جيولوجيا ، وقد عرفت مدينة الجزائر أثناء العهد العثماني سلسلة من الهزات الأرضية العنيفة التي تسببت في تخريب المدينة ، كما خلفت خسائر في الأرواح والممتلكات ومنها : زلزال الجزائر والمدية في 1631 - 1632 ، وكذلك زلزال 1639 وفي 1676 ، أما أعنف زلزال فكان ذلك الذي

ضرب المدينة في عام 1716 ووصل ضرره لغاية شرشال وبجاية ، وكان هناك واحد في عام 1724 ، وفي سنة 1755 حدث زلزال قوي شمل البحر المتوسط الغربي وعرف بزلزال " لشبونة " لوقوع محوره بالقرب منها ، فلم يبقى منزل لم يتأثر بمدينة الجزائر بهذا الزلزال ، وفي القرن التاسع عشر تواصلت الهزات إذ اهتزت الأرض من جديد في عام 1818 ، زيادة على زلزال البليدة عام 1825 الذي تسبب في هدم بعض الدور في مدينة الجزائر ، وتكررت الهزات في عام 1830 ([1]) .

أما آخر زلزال ضرب المنطقة فهو زلزال بومرداس في 21 ماي 2003 والذي بلغت شدته 7 درجات على سلم ريختر ، والذي ترك الكثير من الدمار والخراب بالمدينة وأدي إلى سقوط عدة مباني وإحداث أضرار بالغة على دور أخرى .

_ الفيضانات :

أدى انحدار الموقع وكثرة الأودية والشعاب فيه إلى حدوث فيضانات كبيرة ، منها فياضان باب الواد في أكتوبر 2000 والذي نتج عنه سقوط عدة مباني ، بينما تم إدراج أخرى في الخانة الحمراء والتي تعني إمكانية سقوطها في أي لحظة ، كما ألحق بمساكن أخرى أضرارا كبيرة ومتفاوتة .

_ الرياح :

للرياح أثر مهدم على المباني إذ تعمل على حت مواد البناء وتعريتها ، ويكون تأثيرها بالغ الخطورة إذا كانت شديدة و محملة بالرمال ، أو ناتجة عن التيارات البحرية المشبعة بالرطوبة و الأملاح ، وتضرب القصبة رياحا شمالية شرقية وشمالية غربية محملة بالأملاح والرطوبة ، كما تهب أحيانا الرياح الجنوبية المحملة بالأتربة والرمال التي تكشط الواجهات ، وبالرغم من هذا فإن للقصبة هندسة ذكية إذ تعمل الشوارع الضيقة والمتعرجة من التخفيف من سرعة الرياح ، وبالتالي التقليل من أضرارها وخطورتها .

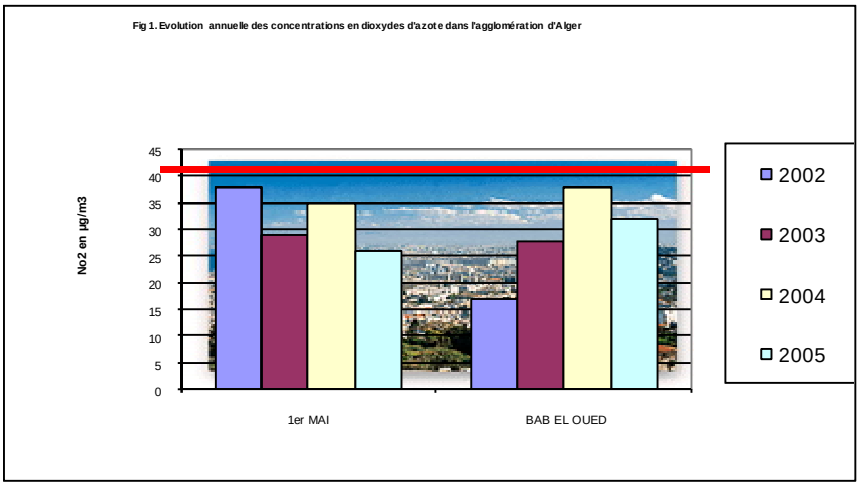
[1]- السعيدوني ناصر الدين ، بوعبدلي الشيخ المهدي ، الجزائر في التاريخ العهد العثماني ، ج 4 ، وزارة الثقافة والسياحة ، المؤسسة الوطنية للكتاب ، الجزائر ، 1984 ، ص 89 ، 90 .

5.1.7 _ التلوث :

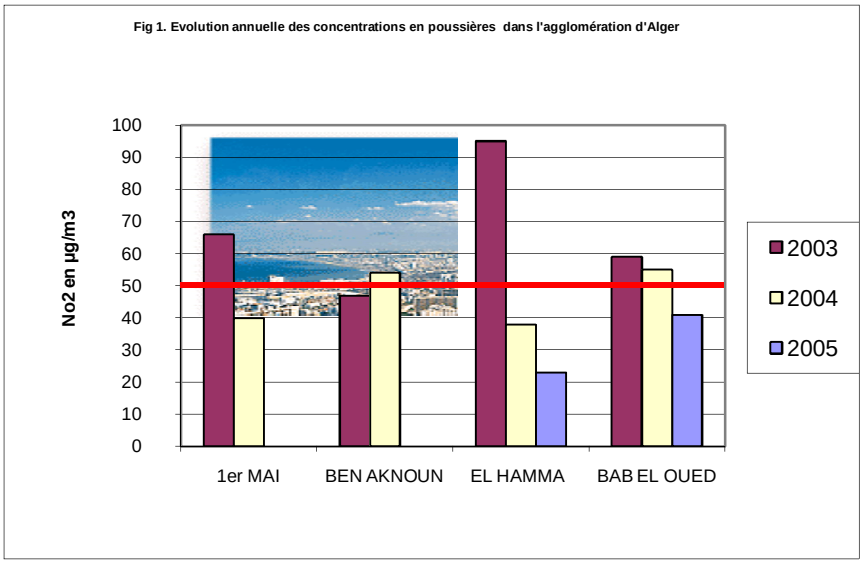
يعد التلوث ظاهرة حديثة تتسبب في إحداث أضرار بالغة على المعالم التاريخية ، وقد ظهرت ابتداء من النصف الثاني من القرن العشرين حيث بدأت المصانع تعمل وتنتج غازات سامة كثيرة أهمها غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، ويكثر انتشار التلوث في المناطق الحضرية دون الريفية ، كما تعتبر المدن الكبيرة والآهلة بالسكان أكثر تلوثا من غيرها ، ولا يقتصر التلوث عن الغازات الجوية بل يتعداه إلى ذرات الغبار و الجزيئات الصلبة الأخرى المعلقة في الجو ، ونقول عن منطقة ما أنها ملوثة إذا احتوت على عناصر غريبة أو ارتفاع نسبة هذه المكونات فيها عن حدها المعقول حيث يمكنها أن تحدث أثارا ضارة .

تقع القصبة في منطقة شديدة التلوث والناتج أساسا عن الحركة الكثيفة للسيارات في محيطها ، وقربها من محطة تكرير البترول بالحامة وبعض مصانع الاسمنت بالمحيط ، وفيما يلي أشكال رقم 16 و 17 (وهي موضحة بشكل أفضل في ملحق الأشكال) ، تحتوي على معلومات حول قيم كل من NO_2 وجزيئات الغبار .

وللتلوث أثر سلبي على الحجارة الكلسية إذ يمكن للغازات الموجودة في الجو عند اتصالها بمصدر للرطوبة أن تتحول إلى أحماض قوية قادرة على إذابة الحجارة و المواد الأخرى كالملاط والآجر ، أو أن تترسب في شكل طبقة سوداء يصعب إزالتها مما يشوه المعلم ويحط من قيمته الفنية .



شكل رقم 16: تطور نسبة NO_2 في مدينة الجزائر من 2002 إلى 2005 عن : Samasafia , Rapport annuelle 2005 , réseaux de mesure de la qualité du l'air ,MATE , P 18 .



شكل رقم 17 : تطور نسبة الغبار في مدينة الجزائر خلال 2003 ، 2004 و 2005 ، عن : Samasafia, Op Cit , P 33 .

6.1.7 _ النباتات :

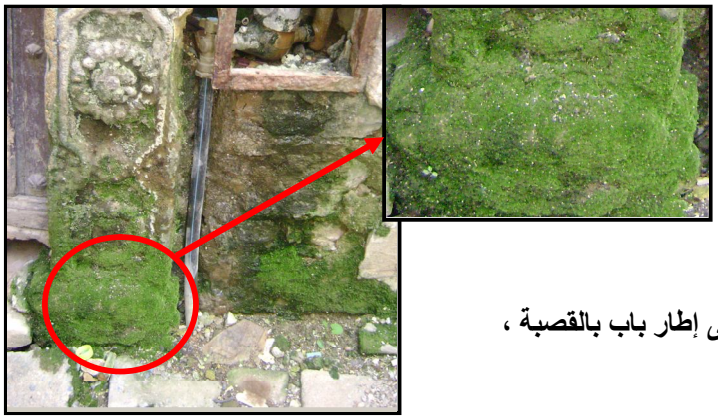
صورة رقم 40 : نباتات على جدار بالقصبة ، من تصوير الطالبة .

غالبا ما تنمو النباتات على المعالم الأثرية وتنتشر أكثر في وصلات الملاط صورة رقم 40، وتعمل النباتات على إحداث شقوق واسعة بفعل الجذور كما تضعف المبنى من خلال تغذيها على مكونات مواد البناء ، إضافة إلى تشويه المبنى ، وتسبب النباتات تلفا فيزيائيا وميكانيكيا وكيميائيا .

7.1.7 _ الطحالب :

تعيش الطحالب عادة في الأوساط الرطبة ، وهي عبارة عن نباتات ذاتية التغذية ، يمكنها أن تشكل طبقة خضراء على الحجارة صورة رقم 41 ، حيث تجعل السطح أكثر

رطوبة مما يؤدي إلى تفتته ، كما تعمل على استقرار الغبار على سطحها وبالتالي مضاعفة التدهور.



صورة رقم 41 : الطحالب على إطار باب بالقصبة ، من تصوير الطالبة .

8.1.7 _ العامل البشري :

وهو أكثر العوامل انتشارا بالقصبة وأكثرها تهديما لها ، إذ يظهر أثره مباشرة عكس العوامل الأخرى التي تطول نتائجها ، ويتمثل فعله بشكل أساسي فيما يلي :

_ **الحروب :** حيث تعرضت القصبة لعدة حروب وحملات صليبية منذ القرن السادس عشر ميلادي إلى غاية استقلال الجزائر في 1962 ، وقد خلفت هذه الحروب والحملات أضرارا كبيرة على مباني القصبة ، إذ تهدمت العديد من البيوت وتشققت أخرى نتيجة القنبلة الكثيفة على المنطقة ، ومن بين هذه الحملات نذكر ما يلي : حملة شارل الخامس في 1518 على مدينة الجزائر انطلاقا من مصب واد الحراش ، وقد وصل الجيش الإسباني حتى حصن الإمبراطور آنذاك الذي بني خلال هذه المعركة، وتمت قنبلة المدينة انطلاقا منه ، وقد انسحب الجيش بسبب تصدي الجزائريين لهم إضافة إلى هبوب عاصفة قوية ([1]) ،الحملة الثانية لشارل الخامس في أكتوبر 1541 والتي كان مخططها كالحملة الأولى وانتهت بنفس الطريقة ([2]) ، الحملة الفرنسية في 1682 و 1683 حيث اقتربت السفن الفرنسية من الشاطئ وشرعت في قنبلة المدينة دون انقطاع ، وقد أحدثت أضرارا بالغة وجسيمة على الميناء والمدينة ، ثم تلتها حملة أخرى في 1688 والتي أطلقت فيها عشرة آلاف قنبلة على المدينة وأدت إلى خسائر في الأرواح والبـــنـــيان ([3]) ، كما عانت القصبة كغيرها خلال الاحتلال الفرنسي وفي فترة الثورة التحريرية ، حيث تم

---

[1]- سليماني أحمد ، المرجع السابق ، ص 53 ، 54 .
[2]- المدني أحمد توفيق ، حرب الثلاثمائة سنة بين الجزائر وإسبانيا 1492 – 1792 ، ط 1 ، دار البصائر ، الجزائر ، 2007 ، ص 260 – 279 .
[3]- محمد بن ميمون الجزائري ، التحفة المرضية في الدولة البكداشية في بلاد الجزائر المحمية ، تقديم وتحقيق : محمد بن عبد الكريم ، ط 2 ، الشركة الوطنية للنشر والتوزيع ، الجزائر ، 1981 ، ص 19 ، 20 ، 23 ، ويمكن الاطلاع على كتاب توفيق المدني ، المرجع السابق .

تدمير العديد من الدور أهمها البيت الذي تم تدميره في الثامن أكتوبر من عام 1957 وراح في هذا الهجوم حسيبة بن بوعلي وعلي لابوانت وبوحميدي محمود ، والذي أعيد بناؤه وجعله متحفا للذكرة .

_ **التدخلات و الترميمات السيئة :** وهي واضحة بالقصبة وتتمثل أساسا في عمليات تحديث المنازل من خلال تزويدها بالمياه والكهرباء والغاز ، وهذا ما ساهم في التدهور إذ تم حفر قنوات لإيصال هذه المواد للمنازل حيث شوهت البيوت وتركت أضرارا واضحة تتمثل في فجوات كبيرة بالجدران (صور رقم 42 و43) .

إضافة إلى تجديد العديد من المباني وترميمها باستخدام مادة الاسمنت التي تعد مادة ممنوعة في ترميم المعالم الأثرية ، بالنظر للأضرار الكبيرة التي تسببها مع مرور الوقت زيادة على اعتبارها مادة غير انعكاسية (صورة رقم 44) ، أو بإضافة عناصر في غير محلها ، كما تم استعمال الجص أحيانا في إصلاح بعض العناصر أو لتكسيتها (صورة رقم 45) .

صورة رقم 42 : تزويد البيوت بالكهرباء ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 43 : الضرر الناتج إثر تزويد البيوت بالماء ، عن الأستاذ حميان مسعود .

صورة رقم 45 : استعمال الجص ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 44 : استعمال الإسمنت في التصليح ، من تصوير الطالبة .

2.7 _ مظاهر و نتائج التلف :

تترك عوامل التلف نتائج وخيمة على المباني عامة وعلى حجارة الطوف خاصة ، وأهم هذه النتائج ما يلي :

1.2.7 _ التشقق في الحجارة والجدران :

يوجد هذا المظهر بكثرة في منازل القصبة وهذا نتيجة الزلازل و القصف المدفعي والفيضانات التي حدثت في المدينة بالإضافة للحركة الكثيفة للسيارات ، والشقوق هي عبارة عن انفصال المادة عن بعضها البعض بشكل كلي أو جزئي، وتكون في الحجارة أو على مستوى المادة الرابطة ، وتظهر بسمك وبعمق وباتجاه مختلف وهذا حسب العامل المسبب ، الصور رقم 46 ، 47 ، 48 .

صورة رقم 46 : مظهر تشقق في حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 47 : شقين كبيرين بإطار باب ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 48 : مظهر تشقق عمودي في الجدار ، من تصوير الطالبة .

2.2.7 _ فقدان أجزاء من الحجارة :

نظرا لاهتزازات الكثيرة التي تعرضت لها المدينة والناتجة عن الزلازل والمدافع ، بالإضافة إلى الضغوطات الناتجة عن الحمولة الزائدة أو نتيجة للتدخلات السيئة ، تشققت الحجارة في بادئ الأمر ثم توسعت إلى أن تم فقدان أجزاء منها خاصة على مستوى عقود أطر الأبواب والأعمدة ، وقد تكون هذه الأجزاء كبيرة أو صغيرة ، صورة رقم 49 (أ ، ب ، ج) .

صورة رقم 49 (أ،ب ،ج) : تمثل فقدان أجزاء مختلفة من حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .

3.2.7 _ تغير اللون :

ينتج تغير اللون في أحيان كثيرة عن صدأ الحديد أو تغلغل صبغة ما داخل مسام الحجارة ، بالإضافة إلى سيلان مياه الأمطار التي تعمل على جعل المنطقة التي تمر خلالها أكثر بياضا من غيرها ، الصور رقم 50 ، 51 و 52 .

صورة رقم 50 : تغير اللون الناتج عن امتصاص الصباغ ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 51 : تغير اللون الناتج عن تأكسد الحديد ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 52 : تغير اللون نتيجة مياه الأمطار ، من تصوير الطالبة .

4.2.7 _ تزهر الأملاح :

يتم انتقال الأملاح داخل مواد البناء انطلاقا من التربة بفعل الخاصية الشعرية ، التي تنقل كل من الماء والأملاح الذائبة فيه ، أو من مواد البناء نفسها بعد انحلال بعض مكوناتها في الماء ، حيث تخرج هذه الأملاح وتتبلور على الأسطح الخارجية بعد تبخر المياه نتيجة لارتفاع درجة الحرارة إذ تشكل طبقة بلون أبيض قد تكون إبرية أو عبارة عن حبيبات وهذا تبعا للأملاح المتبلورة ، وقد تم إعطاء مصطلح التزهر لهذه الظاهرة صورة رقم 53 .

صورة رقم 53 : تزهر الأملاح في قاعدة الإطار ، من تصوير الطالبة .

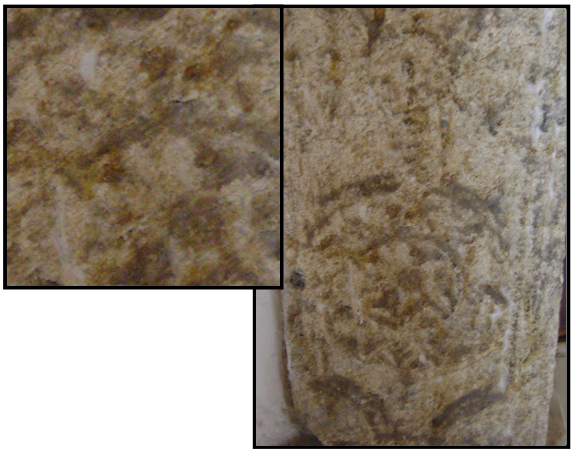
5.2.7 _ تفتت حجارة الطوف وتآكلها :

التفتت هو عبارة عن زوال المادة الرابطة بين الحبيبات أو ضعف ارتباطها مما يجعلها قابلة للسقوط ، كما يعتبر من مميزات الحجارة المسامية ، وينتج التفتت في حجارة الطوف في القصبة عن الرطوبة المرتفعة والأملاح ، زيادة على التلوث الكبير والذي في حالة تميه هذه الغازات الملوثة تصبح عبارة عن أحماض قوية تفكك وتحلل حجارة الطوف ، بالإضافة إلى استعمال ملاط ذا صلابة أكبر من الحجارة كالإسمنت مثلا والذي يكون غنيا بالأملاح التي تنتقل للحجارة وتعمل على تفتيتها ، الصورة رقم 54(أ،ب،ج) .

صورة رقم 54 (أ ، ب ، ج) : تفتت وتآكل حجارة الطوف بفعل الأملاح والرطوبة ، من تصوير الطالبة .

6.2.7 _ تشكل الطبقات والترسبات :

عادة ما تتشكل القشور المغلفة و الطبقات المختلفة على المباني الأثرية والناتجة أساسا عن ترسب الغبار والملوثات الأخرى ، والتي عند اجتماعها ببعضها البعض خاصة في حالة وجود دخان السيارات تشكل طبقة يصعب إزالتها ، وخاصة إذا كانت مواد البناء شديدة المسامية مثل حجارة الطوف إذ يمكن لهذه الطبقة الملوثة أن تتغلغل داخل المادة ولا تبقى على السطح فقط ، الصور رقم 55، 56 .



صورة رقم 55 : أثر تلوث بدخان السيارات ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 56 : تبين تشكل طبقة من الغبار ، من تصوير الطالبة .

7.2.7 _ تقشر الطلاء :

طليت العديد من أطر الأبواب والجدران المنازل بالطلاء ، وقد أدت الرطوبة والأملاح والأمطار والحرارة إلى تقشرها وزوال أجزاء منها ، الصور رقم 57 (أ،ب) و 58 .

صورة رقم 57 (أ ، ب) : تقشر الطلاء وتجزعه على حجارة الطوف ، من تصوير الطالبة .

صورة رقم 58 : تقشر الطلاء على الجدار ، عن الأستاذ حميان مسعود .

الخلاصة :

تعتبر القصبة إرثا عالميا من الواجب حمايتها والمحافظة عليها ، وتعتبر هندستها المعمارية فريدة من نوعها تنم عن عبقرية فذة للمعماريين الجزائريين ، ولهذا ينبغي العمل على ترميمها والحفاظ على طابعها المعماري وإعادة بعث الصناعات التقليدية التي كانت فيها وهذا بغرض تطوير مجال السياحة بها ، ولهذا سعت الدولة إلى صيانتها بسبب الحالة السيئة والمتدهورة التي آلت لها بفعل الكثير من العوامل وأهمها العامل البشري .

وقد تعرضت القصبة لعدة عمليات وخطط ترميم منها العملية التي أجريت خلال السبعينات ، وأخرها مخطط الترميم الذي انطلق في عام 2007 ويتكفل به مكتب الدراسات العمرانية CNIRO ، ويتكون المخطط من ثلاث مراحل وهي : مرحلة الدراسة ثم التدخلات الإستعجالية تليها عملية الترميم ، ويقضي هذا المخطط بالتكفل التام بالنسبة للأماكن المدرجة ضمن قائمة التراث الوطني أو العالمي ، على أن يتم منح مساعدات مالية وتقنية للأشخاص الراغبين بترميم منازلهم بأنفسهم ، مع التشديد عليهم بعدم استعمال الاسمنت .

كما أنه تم اختيار الثالث وعشرون 23 من شهر فيفري من كل سنة يوم وطني للقصبة .

الجانب التطبيقي

الفصل الرابع

الأعمال المخبرية والتطبيقية

الفصل الرابع : الأعمال المخبرية و التطبيقية

تمهيد .

1 _ التحاليل المخبرية .

2 _ تحليل النتائج .

الخلاصة .

تمهيد :

تعتبر معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحجارة المستعملة في البناء أساس لفهم سبب و آلية تلفها ، وهذا ما يساعد حتما في تقديم حلول ناجعة وفعالة من أجل القضاء على التلف أو إيقافه من دون المساس بالمادة الأصلية أو التسبب في مشكلة إضافية ، كما تساعدنا في الاختيار الأمثل لمواد الترميم والتي لا يمكنها التأثير على الأصل لفترة قصيرة كانت أو طويلة ، و لا يتسنى لنا هذا كله إلا بإجراء تحاليل كيميائية وفيزيائية على المادة المرغوبة .

1 _ التحاليل المخبرية :

تساعد التحاليل المخبرية في معرفة التركيبة الكيميائية والمعدنية للمواد ، بالإضافة إلى الخواص الفيزيائية والكيميائية لها ، وهذا من أجل تشخيص أوضح للعوامل المسببة لتلف هذه المواد وفهم آلية تدهورها ، وكذلك بغية اقتراح حلول ومواد سواء للصيانة أو الترميم تكون متماشية وغير مؤثرة على المادة الأصلية ، وهذا احتراما لمبادئ الصيانة والترميم المنصوص عليها في وثيقة البندقية charte de Venise عام 1964.

ولهذه الأسباب قمنا بإجراء بعض التحاليل على عينات من حـــجارة الطوف ، ولقد تم إجراء التحليل المعدني في مركز الأبحاث العلمية CETIM ببومرداس ، أما عن تحديد الخصائص الفيزيائية لحجارة الطوف فتمت في مخبرين وبطريقتين :

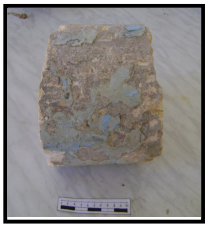
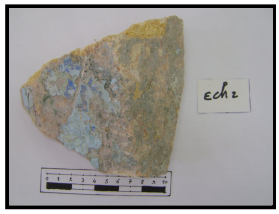
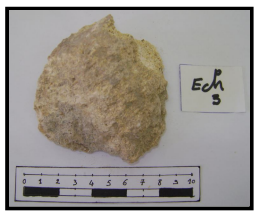
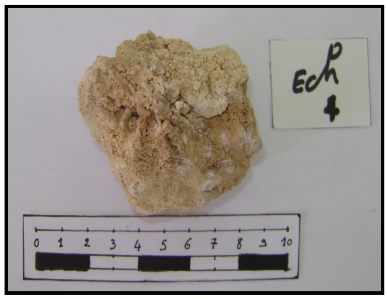
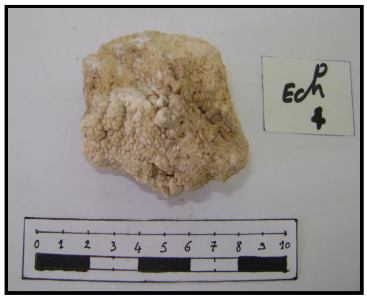
- بالطريقة الحديثة وكان ذلك بالمخبر البيداغوجي كراكوفي ببولندا .
- وبالطريقة الكلاسيكية في المخبر البيداغوجي للفخار ببومرداس .

بالإضافة إلى تحديد التركيبة الكيميائية والتوزعة المسامية للعينات في المخبر البيداغوجي ببولندا ، كما نقوم بإجراء تجربة لمعرفة دور الطلاء المستعمل في مباني القصبة ، وكذلك أثر الأحماض والأسس في المخبر البيداغوجي ببومرداس .

1.1 _ اختيار العينات :

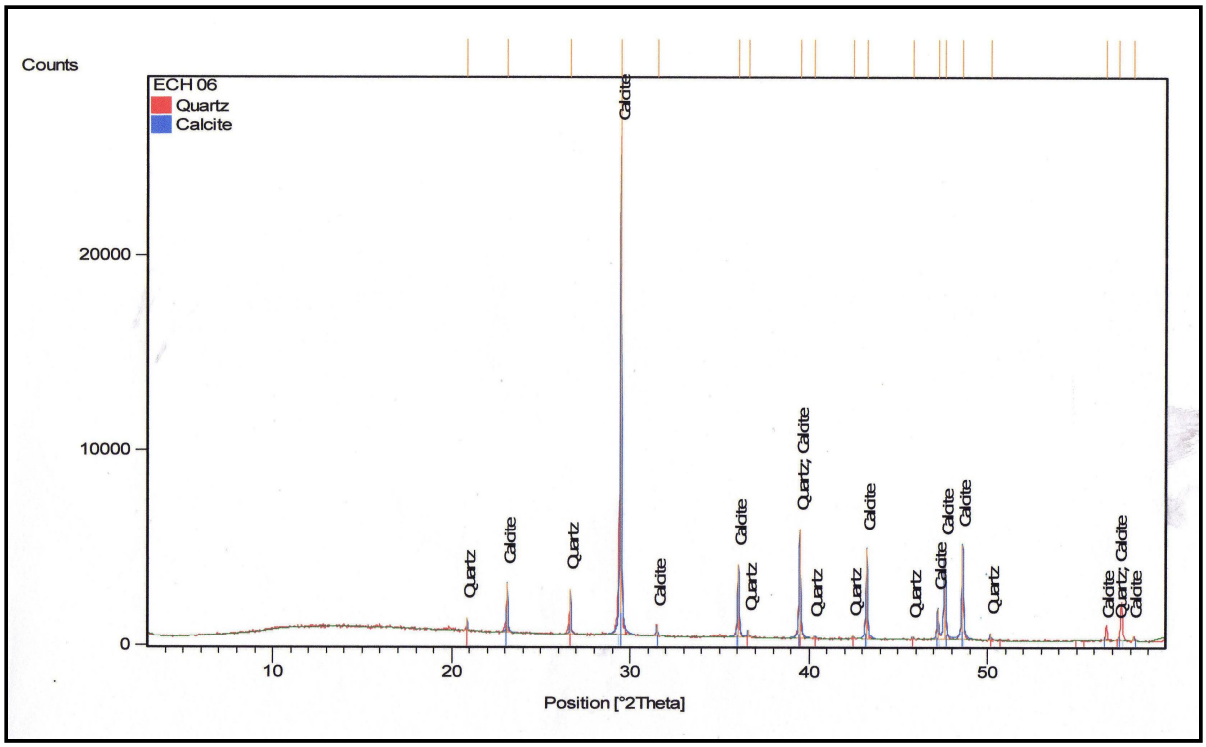
تم اختيار أربع عينات للدراسة كانت العينة الأولى من عمود لمنزل بالقرب من جامع صفر ، أما العينة الثانية فقد أخذت من إطار لباب ، والعينة الثالثة كانت من تاج متدهور ، أما العينة الرابعة فكانت من طوف مليانة المستعمل في أعمال الصيانة والتـــدعيم ، والجدول رقم 05 يبين صور ومصدر العينات .

جدول رقم 05 : مصدر وصور العينات .

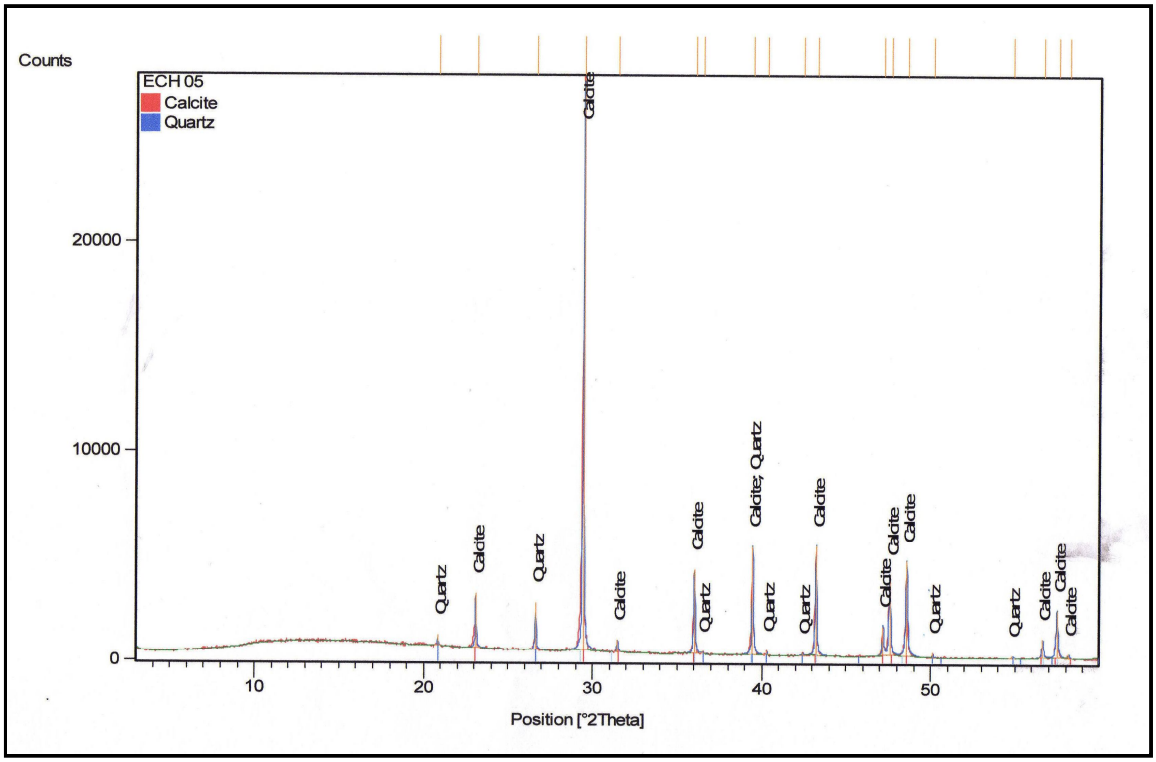
العينات	مصدر العينات	صور العينات
ع 1	عينة من عمود من حجارة الطوف	 صورة رقم 60 (أ،ب،ج): العينة الأولى .
ع 2	عينة من إطار باب	 صورة رقم 61 (أ ، ب): العينة الثانية .
ع 3	عينة من تاج متدهور	 صورة 62 رقم (أ،ب) : العينة الثالثة .
ع 4	عينة من طوف مليانة دبش moellon مستعمل في أعمال الصيانة	  صورة رقم 63(أ،ب) : العينة الرابعة .

2.1 _ التحاليل المعدنية :

أجري هذا التحليل في مخبر البحث العلمي CETIM ، بواسطة جهاز DRX وتم استعماله على نوعين من العينات (عينة من الطوف الأصلي المستعمل في مبانـــي القصبة ، والعينة الثانية من طوف مليانة المستعمل في الصيانة والتدعيم) ، وقد تم استعمال هته الطريقة في بادئ الأمر في مجال الطب ومع مرور الزمن توسع استعمالها إلى مجالات أخرى ومن بينها : الحصول على الـــتركيبة المعدنية والبنية البلورية للمواد الصلبة ومن بينها الحجارة ، وهي طريقة غير مدمرة للآثار إذ تعتمد على عينات صغيرة جدا ، وتعطى النتائج في شكل منحنى بياني يعبر عن المعادن الموجودة في الحجر ، ونتائج التحليل ممثلة في الشكلين التاليين مع إتباعهما بجدول يمثل النسبة الكمية للتركيبة المعدنية .



شكل رقم 18 : منحنى بياني يعبر عن التركيبة المعدنية للعينة رقم 02 .



شكل رقم 19 : منحنى بياني يمثل التركيبة المعدنية للعينة رقم 04 .

جدول رقم 06 : يمثل التركيبة المعدنية شبه الكمية للعينتين .

العينات	التركيبة المعدنية	النسبة شبه الكمية
العينة 02	الكالسيت الكوارتز	**** ***
العينة 04	الكالسيت الكوارتز	***** **

3.1 _ التحاليل الكيميائية :

تم إجراء هذا التحليل في المخبر البيداغوجي بكراكوفي ببولندا بواسطة جهاز Fluorescence X ، و يستعمل هذا النوع من التحاليل للحصول على التركيبة الكيميائية في شكل أكاسيد بغية تسهيل إدراج العينات تحت نوع محدد من الصخور انطلاقا من النسب المرتفعة للأكاسيد السائدة ، وتم إجراؤه على نوعين من العينات (طوف القصبة ، وطوف مليانة) ، ونتيجة التحليل ممثلة في الجدول الموالي .

جدول رقم 07 : يمثل نتائج التحليل الكيميائي للعينتين .

نسبة الأكاسيد / رقم العينات	نسبة ضياع الكتلة بالحرارة	SiO_2 Si (%)	Al_2O_3 Al_2 (%)	Fe_2O_3 Fe_2 (%)	CaO Ca_2 (%)	MgO Mg_2 (%)	SO_3 S_2 (%)	K_2O K_2 (%)	Na_2O Na_2 (%)	P_2O_5 P_2 (%)	TiO_2 Ti_2 (%)
العينة 2	34.05	13.41	5.73	1.81	42.03	0.68	0.63	0.94	0.37	0.08	0.27
العينة 4	29.55	0.95	0.36	0.23	68.35	0.34	0.07	0.08	0.03	0.01	0.02

4.1 _ الخصائص الفيزيائية :

1.4.1 _ الخصائص الفيزيائية بالطرق الكلاسيكية :

حيث نقوم بإجراء بعض التجارب لمعرفة أهم الخصائص الفيزيائية لحـــجارة الطوف ، في إطار الإمكانيات المتاحة و المتوفرة في مخبر الفخار ببومرداس ، ومن بين هذه الخصائص نذكر :امتصاص الماء ، الكتلة الحجمية ، الكتلة الخصوصية ، المسامية بالإضافة إلى الصدم الحراري .

1.1.4.1 _ امتصاص الماء :

الهدف من هذه التجربة هو معرفة نسبة كمية الماء سواء في الحالة السائلة أو الغازية التي يستطيع حجر الطوف امتصاصها ، ويتم التعرف على هذه الكمية بوزن العينات المستعملة بعد تجفيفها في الفرن حتى الحصول على الكتلة الثابتة ، وبعدها تغمر هذه العينات في حمام مائي مدة ساعتين من الزمن ، ويتم الوصول إلى هذه النسبة بتطبيق القانون التالي :

$$\mathbf{Ab\ \% = (M_2 - M_1 / M_1) X\ 100\ \%}$$

بحيث :

Ab % : تمثل نسبة امتصاص الماء .

M_1 : الكتلة الناشفة للعينات .

M_2 : الكتلة المشبعة بالماء للعينات .

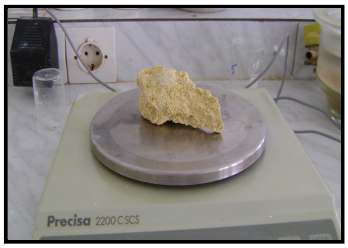
وقد اتبعت طريقتين لتعيين نسبة الامتصاص .

_ الطريقة الأولى :

نستعمل ثلاث أجزاء من العينة الأولى ونجففها في فرن للتجفيف درجة حرارته 100°م حتى التحصل على الكتلة الثابتة **M_1** ، بعدها نضع العينات في حمام مائي درجة حرارته 100°م مدة ساعتين (صورة رقم 63) ، ثم نخرج العينات ونضعها في إناء من الخزف الصيني به ماء عادي بغية تبريد العينات قليلا (صورة رقم 64) ، ثم نزن العينات في ميزان إلكتروني بعد مسحها بمنشفة مبللة حتى نتفادى الوزن الزائد لقطرات الماء ، ويمثل هذا الوزن الكتلة المشبعة بالماء **M_2** (صورة رقم 65) .

صورة رقم 63 : العينات داخل الحمام المائي .

صورة رقم 64 : تبريد العينات قبل وزنها .



صورة رقم 65 : وزن العينات .

والجدول التالي يحتوي نتائج التجربة .

جدول رقم 08 : يبين نتائج امتصاص الماء للعينة الأولى .

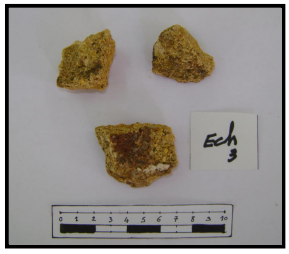
العينات		الكتلة الناشفة (غ)	الكتلة المشبعة (غ)	نسبة الامتصاص (%)	متوسط الامتصاص(%)
العينة 1	A	70.44غ	82.14غ	16.61	**16.77**
	B	100.46غ	117.63غ	17.1	
	C	54.24غ	63.26غ	16.63	

_ **الطريقة الثانية :**

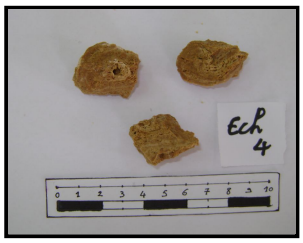
نأخذ ثلاثة أجزاء من كل عينة صور رقم 66 (أ ،ب،ج،د) ، مع استبدال الميزان الالكتروني بميزان هيدروستاتيكي (صورة رقم 67) ، ونقوم بتعيين الكتلة الناشفة للعينات M_1 ، ثم وضع العينات في حمام مائي مدة ساعتين ، بعدها نبرد العينات ثم نمسحها بمنشفة مبللة ونقوم بوزنها في الميزان الهيدروستاتيكي في الهواء M_2 (صورة رقم68 أ) ، فيما بعد نزن العينات تحت الماء M_3 (صورة رقم 68 ب) .

صورة رقم 66 (أ) : أجزاء من العينة الأولى .

صورة رقم 66(ب) : أجزاء من العينة الثانية .

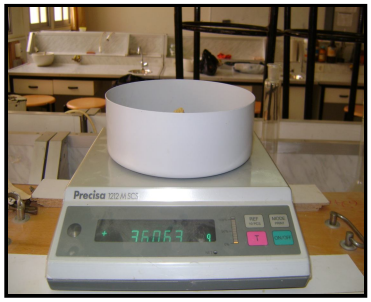


صورة رقم 66(ج) : أجزاء من العينة الثالثة .



صورة رقم 66(د) : أجزاء من العينة الرابعة .

صورة رقم 67 : الميزان الهيدروستاتيكي المستعمل في التجربة .



صورة رقم 68(أ) : وزن العينة في الهواء في ميزان هيدروستاتيكي .

صورة رقم 68(ب): وزن العينة داخل الماء في ميزان هيدروستاتيكي .

و الجدول الموالي يبين نتائج التجربة وللإشارة أن هذه الطريقة والنتائج يتم استعمالها في كل من تجربة تعيين الكتلة الحجمية والنفاذية المفتوحة .

جدول رقم 09 : يلخص نتائج تجربة امتصاص الماء للعينات بالطريقة الثانية .

العينات		الكتلة الناشفة (غ)	الكتلة المشبعة في الهواء (غ)	الكتلة المشبعة تحت الماء (غ)	نسبة امتصاص الماء %	متوسط الامتصاص %
العينة 1	1	30.06غ	35.88غ	19.91غ	**19.36**	**18.76**
	2	21.76غ	25.66غ	13.70غ	**17.92**	
	3	18.26غ	21.73غ	11.50غ	**19.00**	
العينة 2	1	41.40غ	46.105غ	26.977غ	**11.36**	**11.83**
	2	41.84غ	46.775غ	27.360غ	**11.79**	
	3	39.58غ	44.465غ	25.912غ	**12.34**	
العينة 3	1	31.45غ	35.361غ	20.810غ	**12.43**	**12.38**
	2	29.77غ	33.937غ	19.697غ	**13.99**	
	3	22 .17غ	24.772غ	14.626غ	**11.73**	
العينة 4	1	16.38غ	17.422غ	10.267غ	**6.36**	**6.37**
	2	11.61غ	12.216غ	7.276غ	**5.22**	
	3	11.05غ	11.882غ	6.918غ	**7.53**	

2.1.4.1 _ الكتلة الحجمية الظاهرية Mass Volumique :

الكتلة الحجمية الظاهرية عبارة عن وزن العينة بالنسبة للحجم الظاهري لها ووحدتها غ/سم^3 ، ويمكن الحصول عليها بطريقتين :

الطريقة الأولى : نستخدم القانون التالي :

$$M_V = M / V_1 _ V_0 \quad g/cm^3$$

بحيث :

M_V : تمثل الكتلة الحجمية الظاهرية .

M : تمثل الكتلة المشبعة للعينة .

V_0 : حجم الماء في الأسطوانة المدرجة قبل وضع العينات .

V_1 : حجم الماء في الأسطوانة المدرجة بعد وضع العينات .

الطريقة الثانية : في هذه الطريقة نستخدم القانون التالي **:**

$$M_V = M_1 \, d_{eau} / M_2 _ M_3 \ g/cm^3$$

بحيث :

M_V : تمثل الكتلة الحجمية الظاهرية للعينات .

M_1 : تمثل الكتلة الناشفة للعينات .

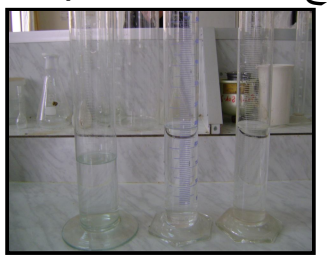
M_2 : تمثل الكتلة المشبعة بالماء موزونة في الجو .

M_3 :تمثل الكتلة المشبعة بالماء موزونة داخل الماء .

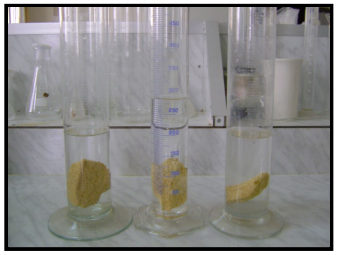
d_{eau} : الكتلة الحجمية للماء والتي تعادل 1غ/سم^3 .

_ الطريقة الأولى :

نستخدم نفس العينات المستعملة في الطريقة الأولى من تجربة امتصاص الماء ، فبعد الحصول على الكتلة المشبعة للعينات نقوم بملء ثلاثة أسطوانات مدرجة بالماء بمقدار معين (250 ملل) (صورة رقم 69) ، ثم نضع العينات بداخلها ونسجل مقدار ارتفاع مستوى المـــاء (صورة رقم 70) .



صورة رقم 69 : مستوى الماء عند بداية التجربة .



صورة رقم 70 : مستوى الماء عند إضافة العينات .

ونتائج التجربة موضحة في الجدول التالي .

جدول رقم 10 : يلخص نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة الأولى بالطريقة الأولى .

العينات		الكتلة المشبعة (غ)	الكتلة الحجمية الظاهرية (غ/سم^3)	متوسط الكتلة الحجمية
العينة 1	1	82.14	2.05	2.17 غ/سم^3
	2	117.63	2.35	
	3	63.26	2.11	

_ الطريقة الثانية :

نفس العينات المستعملة في الطريقة الثانية من تجربة امتصاص الماء نستعملها لحساب الكتلة الحجمية الظاهرية ، والنتائج موضحة في الجدول الموالي .

جدول رقم 11 : يلخص نتائج تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية للعينات بالطريقة الثانية .

العينات		M_1	M_2	M_3	M_V	متوسط الكتلة الحجمية
العينة 1	1	30.06غ	35.88غ	19.91غ	1.88غ/سم^3	1.83 غ/سم^3
	2	21.76غ	25.66غ	13.70غ	1.82غ/سم^3	
	3	18.26غ	21.73غ	11.50غ	1.78غ/سم^3	
العينة 2	1	41.40غ	46.105غ	26.977غ	2.164 غ/سم^3	2.15 غ/سم^3
	2	41.84غ	46.775غ	27.36غ	2.155 غ/سم^3	
	3	39.58غ	44.465غ	25.912غ	2.133 غ/سم^3	
العينة 3	1	31.45غ	35.361غ	20.81غ	2.161 غ/سم^3	2.145 غ/سم^3
	2	29.77غ	33.937غ	19.697غ	2.09 غ/سم^3	
	3	22 .17غ	24.772غ	14.626غ	2.185 غ/سم^3	
العينة 4	1	16.38غ	17.422غ	10.267غ	2.29 غ/سم^3	2.29 غ/سم^3
	2	11.61غ	12.216غ	7.276غ	2.35 غ/سم^3	
	3	11.05غ	11.882غ	6.918غ	2.23 غ/سم^3	

حيث :

M_1 : الكتلة الناشفة للعينة .

M_2 : الكتلة المشبعة للعينة موزونة في الهواء .

M_3 : الكتلة المشبعة للعينة موزونة داخل الماء .

M_V : الكتلة الحجمية الظاهرية .

3.1.4.1 _ الكتلة الخصوصية :

تعطى الكتلة الخصوصية بالعلاقة التالية :

$$M_S = (M_2 _ M_1) \text{ X } d_{\text{Toluène}} / M_4 + (M_2 _ M_1) _ M_3 \text{ g /cm}^3$$

حيث أن :

M_S : الكتلة الخصوصية للعينات .

M_1 : هي وزن البيكنومتر وهو فارغ .

M_2 : وزن البيكنومتر + مسحوق العينات .

M_3 : وزن البيكنومتر + مسحوق العينات +مذيب التوليان .

M_4 : وزن البيكنومتر + المذيب .

M_5 : وزن البيكنومتر + الماء المقطر .

$d_{Toluene}$: تمثل كثافة مذيب التوليان ، وتعطى بالعلاقة التالية :

$$d_T = M_4 _ M_2 / V_{Py} \ g/cm^3$$

أما عن حجم البيكنومتر فنستخلصه من العلاقة الآتية :

$$V_{Py} = M_5 _ M_1 / d_{eau} \ cm^3$$

حيث أن : الكتلة الحجمية للماء في الشروط المعتدلة (20°م و 1ضغط جو) تساوي 1غ/سم^3 .

_ الخطوات المتبعة :

- نقوم أولا بأخذ أجزاء من كل عينة ، ثم نسحقها في هاون من الخزف الصيني ، بعدها نغربل المسحوق المتحصل عليه في غربال قطر فتحاته 100ميكرون (صورة رقم71) .

- نغسل البيكنومتر نضعه ليجف في فرن التجفيف التي تكون درجة حرارته ما بين 100°م و 110°م ، ثم نزنه فنحصل على M_1 (صورة رقم72) .

- نملأ البيكنومتر بالماء المقطر حتى خط العنق ، بعدها نزنه فنحصل على M_5، نسكب المحتوى ونجفف البيكنومتر في الفرن .

- نملأ البيكنومتر بالتوليان حتى خط العنق ثم نزنه لنحصل علـــى M_4 (صورة رقم 73) ، ثم نفرغ المحتوى ونغسل البيكنومتر بالماء المقطر ونجففه في الفرن .

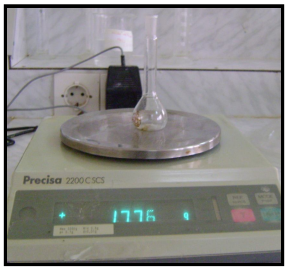
- بعدها نضع كمية من المسحوق (3غ) في البيكنومتر ونزنه فنحصل على M_2 (صورة رقم 74) .

- نملأ البيكنومتر السابق بكمية من التوليان ثلثي حجمه ثم نضعه في حمام مائي درجة حرارته (ما بين 40°م و 50°م) لمدة 30 دقيقة (صورة رقم 75) ، نخرجه ونضعه

تحت حنفية الماء لتبريده ، ثم نظيف له التوليان حتى خط العنق ونقوم بوزنه فنحصل على M_3 (صورة رقم 76) .

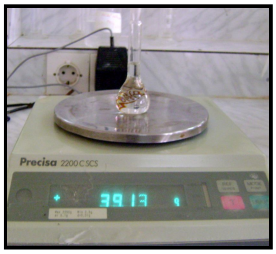
- وفي الأخير نفرغ المحتوى وننظف البيكنومتر أولا باستعمال التوليان ثم نستعـــمل الماء .

صورة رقم 71 : مسحوق العينة الأولى .



صورة رقم 72 : وزن البيكنومتر وهو فارغ .

صورة رقم 73 : إضافة المسحوق إلى البيكنومتر .



صورة رقم 74 : وزن البيكنومتر مع التوليان .

صورة رقم 75 : وضع العينات داخل الحمام المائي .

صورة رقم 76 : وزن المسحوق + التوليان .

ونتائج التجربة موضحة في الجدول التالي .

جدول رقم 12 : يلخص نتائج تجربة الكتلة الخصوصية للعينات .

العينات	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_s
العينة 1	17.76 غ	20.76 غ	40.95 غ	39.13 غ	42.62 غ	2.186 غ/سم^3
العينة 2	23.12 غ	26.12 غ	46.23 غ	44.42 غ	47.79 غ	2.168 غ/سم^3
العينة 3	11.44 غ	14.44 غ	35.81 غ	34.01 غ	37.62 غ	2.15 غ/سم^3
العينة 4	32.52 غ	35.52 غ	77.99 غ	75.11 غ	81.98 غ	2.32 غ/سم^3

حيث :

M_S : الكتلة الخصوصية للعينات .

M_1 : هي وزن البيكنومتر وهو فارغ .

M_2 : وزن البيكنومتر + مسحوق العينات .

M_3 : وزن البيكنومتر + مسحوق العينات +مذيب التوليان .
M_4 : وزن البيكنومتر + المذيب .
M_5 : وزن البيكنومتر + الماء المقطر .

4.1.4.1 _ المسامية : (la porosité)

المسامية هي : النسبة الموجودة بين المجموع الكلي للفراغات إلى مجموع حجم عينة الصخر مضروبة في مائة ، ويمكن أن تكون مفتوحة أو مغلقة ، وتعطى بالعلاقة التالية :

$$P_T = P_O + P_F \ \%$$

حيث :

P_T : المسامية الكلية (الإجمالية) للعينات .

P_O : المسامية المفتوحة للعينات .

P_F : المسامية المغلقة للعينات .

ولتعيين المسامية الإجمالية فإننا بحاجة لكل من المسامية المفتوحة والمغلقة ، ومن أجل ذلك سنعتمد على النتائج المتحصل عليها خلال تجربتي كل من الكتلة الخصوصية والكتلة الظاهرية .

تعطى المسامية المغلقة بالعلاقة التالية :

$$P_F = [\ 1 _ (\ M_V / M_S\ )\ ]\ X\ 100\ \%$$

حيث :

P_F : المسامية المغلقة للعينة .

M_V : الكتلة الحجمية الظاهرية للعينة .

M_S : الكتلة الخصوصية للعينة .

وتعطى المسامية المفتوحة بالعلاقة التالية :

$$P_O = (\ M_2 _ M_1 / M_2 _ M_3\ )\ X\ 100\ \%$$

بحيث :

M_1 : الكتلة الناشفة للعينة .

M_2 : وزن العينة مشبعة بالماء في الهواء .

M_3 : وزن العينة مشبعة بالماء داخل الماء .

_ المسامية المفتوحة :

نقوم باستعمال العينات التي استخدمت في الطريقة الثانية من تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية ، والنتائج موضحة في الجدولين التاليين .

جدول رقم 13: يلخص نتائج تجربة المسامية المفتوحة للعينات .

العينات		M_1	M_2	M_3	P_O	متوسط المسامية
العينة 1	1	30.06غ	35.88غ	19.91غ	% 36.44	% 34.32
	2	21.76غ	25.66غ	13.70غ	% 32.60	
	3	18.26غ	21.73غ	11.50غ	% 33.92	
العينة 2	1	41.40غ	46.105غ	26.977غ	% 24.60	% 26.06
	2	41.84غ	46.775غ	27.36غ	% 27.27	
	3	39.58غ	44.465غ	25.912غ	% 26.33	
العينة 3	1	31.45غ	35.361غ	20.81غ	% 26.88	% 27.26
	2	29.77غ	33.937غ	19.697غ	% 29.26	
	3	22 .17غ	24.772غ	14.626غ	% 25.64	
العينة 4	1	16.38غ	17.422غ	10.267غ	% 14.56	% 14.53
	2	11.61غ	12.216غ	7.276غ	% 12.28	
	3	11.05غ	11.882غ	6.918غ	%16.76	

حيث :

M_1 : الكتلة الناشفة للعينة .

M_2 : وزن العينة مشبعة بالماء في الهواء .

M_3 : وزن العينة مشبعة بالماء داخل الماء .

P_O : المسامية المفتوحة .

جدول رقم 14 : ملخص نتائج أنواع المسامية للعينات .

العينات	المسامية المفتوحة	المسامية المغلقة	المسامية الإجمالية
العينة 1	% 34.32	% 0.4587	% 34.7787
العينة 2	% 26.06	% 0.830	% 26.89
العينة 3	% 27.26	% 0.232	% 27.492
العينة 4	% 14.53	% 1.3	% 15.83

وفيما يلي جدول ملخص لنتائج تجارب الخصائص الفيزيائية بالطرق الكلاسيكية .

جدول رقم 15 : ملخص نتائج الخصائص الفيزيائية بالطرق الكلاسيكية .

العينات / الخصائص	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4
Ab(%)	16.78	11.83	12.38	6.37
M_s (g/Cm^3)	2.186	2.168	2.155	2.32
M_v (g/Cm^3)	2.17	2.146	2.14	2.29
P_o (%)	34.32	26.06	27.26	14.53
P_f (%)	0.732	0.83	0.232	1.3
P_T(%)	35.052	26.89	27.492	15.83

حيث :

Ab : نسبة امتصاص الماء .

M_s : الكتلة الخصوصية .

M_v : الكتلة الحجمية الظاهرية .

P_o : المسامية المفتوحة .

P_f : المسامية المغلقة .

P_T : المسامية الإجمالية .

5.1.4.1_ الصدم الحراري :

تهدف هذه التجربة إلى معرفة أقصى درجة حرارة يمكن لحجارة الطوف أن تتحملها من دون أن يحدث لها أي تغير خارجي ، نضع العينات في الفرن مدة 5 دقائق ، بعدها نخرجها ونضعها في إناء من الخزف الصيني به ماء بارد درجة حرارته (مابين 0

و 5°م) ، وتكون درجة حرارة الفرن متغيرة تصاعديا كـــالآتي : 60°م ، 80°م ، 100°م ، 160°م ، 180°م و250°م .

ونتائج التجربة موضحة في الجدول التالي .

جدول رقم 16 : نتائج الصدم الحراري للعينة الأولى .

العينات \ درجة الحرارة	60°م	80°م	100°م	160°م	180°م	250°م
العينة 1	1	/	/	+	+	++
	2	/	/	+	+	++
	3	/	/	+	+	++

بحيث :

/ : لم يحدث أي تغير .

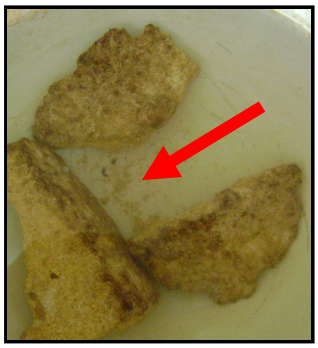
+ : تفتت العينات بشكل قليل جدا على الحواف الرقيقة .

++ : تفتت قليل مع تغير في لون العينات من الأصفر إلى البني على الأوجه التي كانت باتصال مباشر مع قاعدة الفرن .

ملاحظة :

- ابتداء من 100°م نلاحظ تتفتت قليل على حواف جميع العينات ويستمر هذا التفتت إلى غاية انتهاء التجربة ، (صورة رقم 77) .

- عند الدرجة 250°م يتغير لون العينات إلى لون الاحتراق في الجهات الموضوعة مباشرة على الفرن ، (صورة رقم 78) .



صورة رقم 77 : توضح التفتت القليل على الحواف .

صورة رقم 78 : توضح احتراق وتغير لون العينات .

2.4.1 _ الخصائص الفيزيائية بالطرق الحديثة :

يتم استعمال هذه الطرق من أجل التحديد الدقيق للخصائص الفيزيائية للأنواع المختلفة من الحجارة ، وقد أجريت هذه التجارب في المخبر البيداغوجي بكراكوفي ببولونيا ، حيث استعملت فيها تقنيات متطورة لتحديد كل من :الكتلة الخصوصية و نسبة المسامية المفتوحة ، والكتلة الحجمية الظاهرية .

1.2.4.1 _ تحديد الخصائص الفيزيائية باستعمال AccuPyc 1330 :

تتم هذه العملية باستخدام جهاز حديث ومتطور يتمثل في **AccuPyc 1330 (** صورة رقم 79) ، ويستخدم هذا الجهاز للحصول على الكتلة الخصوصية للمواد الفلزية بدقة كبيرة ، إذ أن نسبة الخطأ به صغيرة جدا إلى حد يمكن إهمالها ، كما يعتبر من طرق التحليل غير المهدمة إذ يستعمل عينات صغيرة و بشكل مسحوق .

صورة رقم 79 : تمثل جهاز AccuPyc 1330 .

2.2.4.1 _ تحديد الخصائص الفيزيائية باستعمال GeoPyc 1360 :

تعد هذه الطريقة من الطرق الحديثة ويمكن من خلالها التعرف على الكتلة الحجمية الظاهرية ونسبة المسامية المفتوحة ، بالإضافة إلى الحجم الإجمالي للمسامات، وتتم باستعمال جهاز من نوع **GeoPyc 1360 (** صورة رقم 80) .

صورة رقم 80 : جهاز GeoPyc 1360

وفيما يلي جدول ملخص لنتائج الخصائص الفيزيائية بالأجهزة الحديثة .

جدول رقم 17 : يبين نتائج الخصائص الفيزيائية بالأجهزة الحديثة .

العينات	الكتلة الحجمية الخصوصية غ/سم^3	الكتلة الحجمية الظاهرية غ/سم^3	الحجم الإجمالي للمسامات سم^3/غ	المسامية الإجمالية (%)
العينة2	2.7579	2.1246	0.1080	23.0
العينة4	2.7200	2.3145	0.0644	14.9

والجدول التالي عبارة عن جدول مقارن للخصائص الفيزيائية للعينات بالطرق الكلاسيكية والطرق الحديثة .

جدول رقم 18 : ملخص نتائج الخصائص الفيزيائية بالطرق التقليدية والطرق الحديثة .

		العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4
الخصائص الفيزيائية بالطرق الكلاسيكية	Ab (%)	16.78	11.83	12.38	6.37
	M_s (g/Cm^3)	2.186	2.168	2.155	2.32
	M_v (g/Cm^3)	2.17	2.146	2.14	2.29
	P_o (%)	34.32	26.06	27.26	14.53
	P_f (%)	0.732	0.83	0.232	1.3
	P_T (%)	35.052	26.89	27.492	15.83
الخصائص الفيزيائية بالطرق الحديثة	M_s (g/Cm^3)	/	2.7579	/	2.7200
	M_v (g/Cm^3)	/	2.1246	/	2.3145
	V_TP (g/cm^3)	/	0.1080	/	0.0644
	P_f (%)	/	0.3	/	1.1
	P_T (%)	/	23.0	/	14.9

حيث :

V_TP : الحجم الإجمالي للمسامات .
Ab : نسبة امتصاص الماء .
M_s : الكتلة الخصوصية .
M_v : الكتلة الحجمية الظاهرية .
P_o : المسامية المفتوحة .
P_f : المسامية المغلقة .
P_T : المسامية الإجمالية .

5.1 _ التوزعة المسامية باستعمال Porosimètre à mercure :

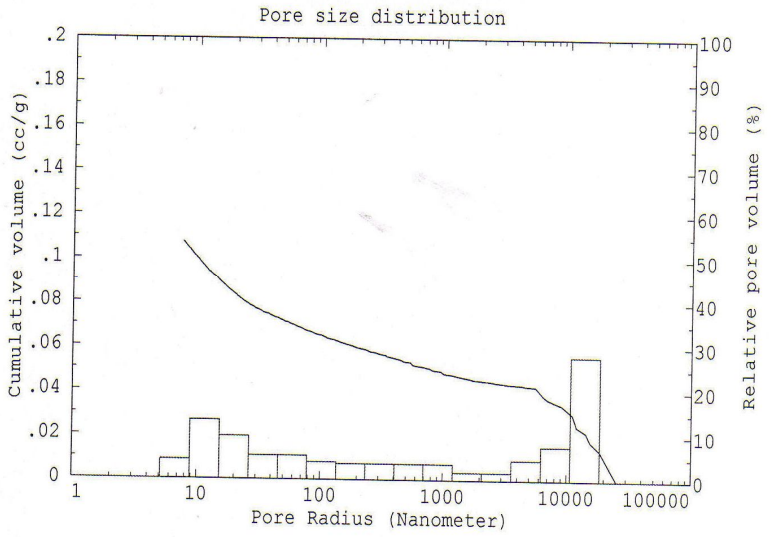
يسمح الجهاز المستعمل في هذه التجربة بقياس أبعاد مختلف المسامات الموجودة في المواد المعدنية بطريقة جد دقيقة ، والمبدأ الأساسي للعمل هو بعث أو إرسال الزئبق إلى داخل مسامات المادة تحت ضغط معين ، وقد أجريت هذه التجربة على عينتين عينة من الطوف المستخدم في بناء القصبة و العينة الثانية من طوف مليانة المستعمل في تدعيم المباني ، والنتائج موضحة في الشكلين التاليين .

RESULTS

Total cumulative volume (cc/g) : .1074
Total specific surface area (m²/g) : 5.423
Average pore radius (Nanometer) : 16143.351563

PORE SIZE DISTRIBUTION

Pore radius ranges (nM)	Specific Volume (cc/g)
10000000-1000000	0.00000
1000000-100000	0.00000
100000-10000	0.02999
10000-1000	0.04805
1000-100	0.06502
100-10	0.09935
10-1	0.10745
1-0	0.10745
0-0	0.10745



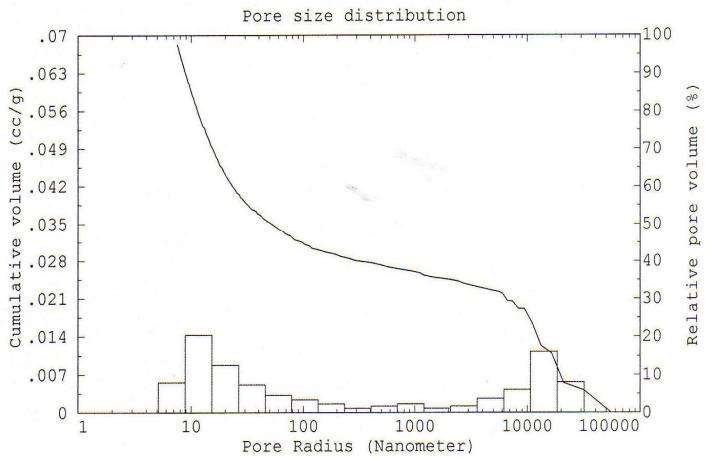
شكل رقم 20 : يمثل منحنى بياني للتوزعة المسامية للعينة رقم 02 .

RESULTS

Total cumulative volume (cc/g) : .0682
Total specific surface area (m²/g) : 5.142
Average pore radius (Nanometer) : 10.675236

PORE SIZE DISTRIBUTION

Pore radius ranges (nM)	Specific Volume (cc/g)
10000000-1000000	0.00000
1000000-100000	0.00000
100000-10000	0.01639
10000-1000	0.02572
1000-100	0.03113
100-10	0.05973
10-1	0.06823
1-0	0.06823
0-0	0.06823



شكل رقم 21 : يمثل منحنى بياني للتوزعة المسامية للعينة رقم 04 .

6.1 _ تأثير الرطوبة :

تهدف هذه التجربة إلى معرفة كمية المياه التي يمكن أن تمتصها عينات حجارة الطوف في نسب مختلفة من الرطوبة ، ابتداء من 75 % إلى غاية نسبة التشبع (100 %) ، بالإضافة إلى معرفة التغيرات التي تحدث للعينات والتي يمكننا ملاحظتها بالعين المجردة كالتفتت مثلا ، و كذلك المقارنة بين نسبة امتصاص الماء للعينات التي

ليست عليها أي طبقة من الطلاء وبين تلك التي بها طبقات مختلفة من الطلاء ، وهذا بغية التأكد من دور الطلاء إن كان من أجل الزخرفة أو بغرض الحماية .

_ خطوات العمل :

- ننظف العينات باستعمال الريشة من أجل إقصاء كل ما هو هش وغير متماسك بالعينات ، وإزالة الغبار الذي عليها .

- نضع العينات في فرن التجفيف درجة حرارته (100°م _ 110°م) ، وبين الفينة الأخرى نزن العينات حتى نحصل على الكتلة الثابتة M_1 .

- نقوم بتحضير أوساط معينة من الرطوبة واخترنا النسب التالية : 75 % ، 95 % و100 % (وهذا محاكاة للوسط الرطوبي بالقصبة إذ أن نسبة الرطوبة بها تتراوح بين هذه النسب) ، بحيث من أجل تحضير وسط بنسبة 75 % من الرطوبة فإننا نحتاج إلى كمية من الماء وكمية من ملح الطعام حتى يتشبع الماء ويترسب الملح في الأسفل مشكلا طبقة ، أما بالنسبة لـ 95 % من الرطوبة فنحتاج لكمية من Na OH .

- بعد الانتهاء من تحضير النسب الخاصة من الرطوبة نضعها في dessicateur ، ثم نضيف العينات (صور رقم 81، 82) ، ونبدأ بوزن العينات أثناء فترات زمنية مختلفة بعد : 1 دقيقة ، 2 دقيقتان ، 3 دقائق ، 5 دقائق ، 15 دقيقة ، 30 دقيقة ، 1 ساعة ، 3 ساعات ، 5 ساعات ، 24 ساعة ، 3 أيام ، 5 أيام ، 7 أيام ، 15 يوما ، 30 يوما .

صورة رقم 81 : العينات في نسبة رطوبة 75 %.

صورة رقم 82 : توضح تأثير 95 % و 100 % من الرطوبة .

ونقدّر تأثير الرطوبة من خلال نسبة الماء الممتص من طرف العينات بحيث يتم حسابها باستخدام علاقة الامتصاص الآتية :

$$Ab\ \% = (M_2 - M_1 / M_1)\ X\ 100\ \% .$$

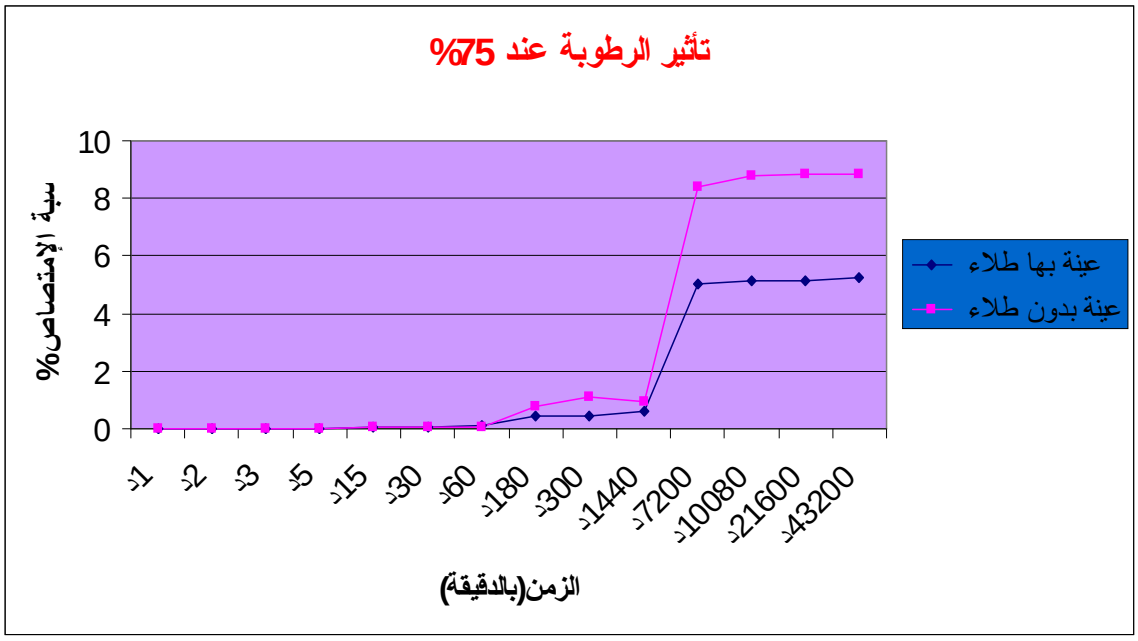
بحيث :

Ab % : تمثل نسبة امتصاص الرطوبة في الزمن المعين .

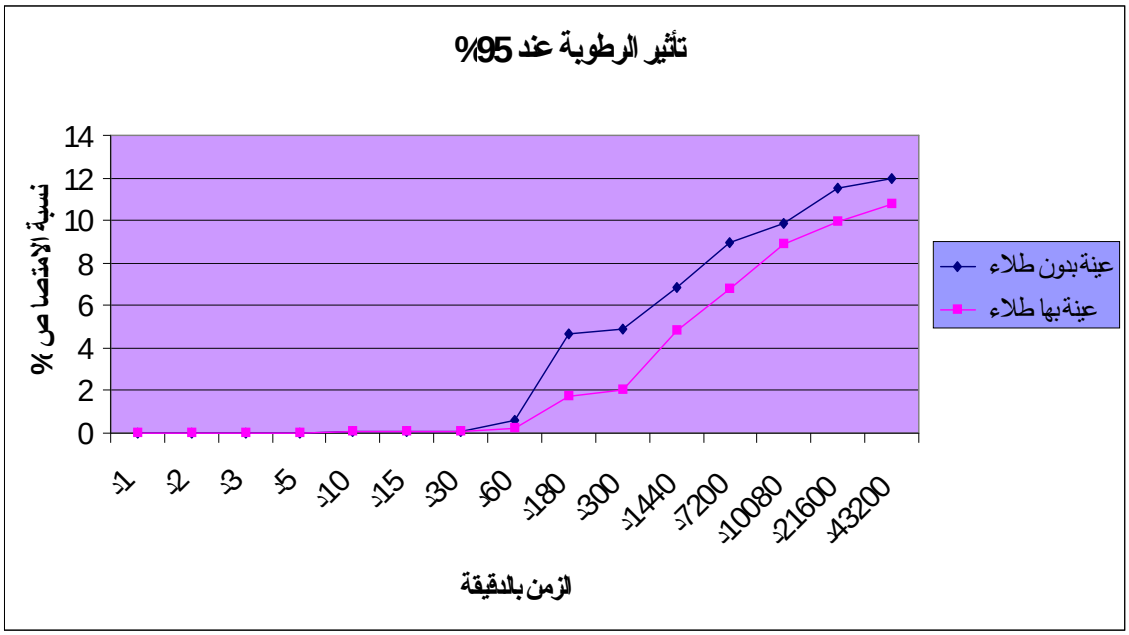
M_2 : وزن العينة الرطب عند الزمن المعين .

M_1 : الكتلة الناشفة للعينة .

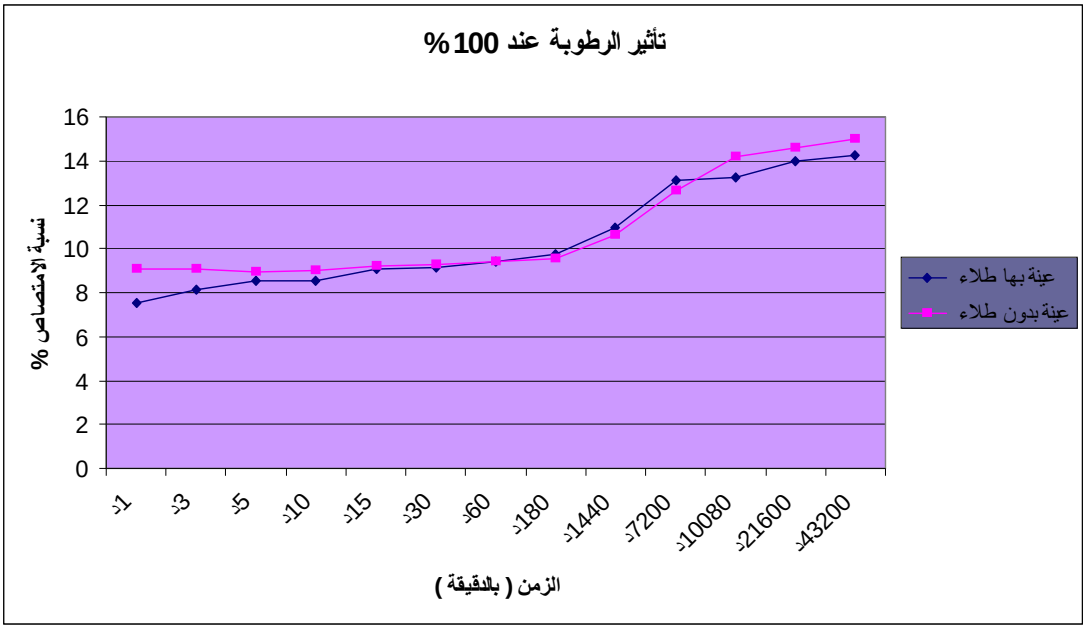
ونتائج التجربة موجودة في الملحق في حين تم عرض النتائج في هذا الفصل في شكل منحنيات بيانية وهي مبينة كالآتي .



شكل رقم 22 : منحنى بياني لتأثير الرطوبة عند 75 % .



شكل رقم 23 : منحنى بياني لتأثير الرطوبة عند 95 % .



شكل رقم 24 : منحنى بياني لتأثير الرطوبة عند 100 % .

7.1 _ دور الطلاء

تهدف هذه التجربة إلى معرفة السبب من وراء استعمال الطلاء على الأعمدة وأطر الأبواب المصنوعة من حجارة الطوف ، إن كان بغرض تزييني زخرفي أو بهدف الحماية أو كلاهما معا ، خاصة وأن جميع هذه العناصر قد طليت بطلاءات متنوعة ومختلفة في

بيوت ومساكن القصبة ، والبعض منها بها عدة طبقات من الطلاء ، فلأي غرض تم استعمالها يا ترى ؟ .

وللإجابة على هذا السؤال سنقوم بالتجربة التالية :

نقوم بتحضير العينات ، ثم نجففها في فرن درجة حرارته 100°م حتى نحصل على الكتلة الناشفة للعينات ، بعدها نقوم بطلاء كل عينة بنوع محدد من الدهان (وهذا بحسب الأصناف المستعملة في الواقع) وذلك كما يلي :

_ العينة الأولى : طبقة من الجير (جير هوائي من بريان بغرداية) .

_ العينة الثانية : طبقة من طلاء فنيلي (منتجات أسترادال) .

_ العينة الثالثة : طبقة من طلاء أكريليكي (منتجات Louvre) .

_ العينة الرابعة : طبقتين من طلاء زيتي (منتجات السعادة) ، الهدف من استعمال طبقتين هو القضاء على الفراغات التي تبقى ظاهرة عند الطلاء بطبقة واحدة فقط ، بالإضافة إلى تحسين المظهر ، الزيادة من قدرة العينة على منع الماء من النفوذ .

_ العينة الخامسة : طبقة من البرنيق (vérinex منتجات الشركة الوطنية للدهن) .

_ العينة السادسة : طبقة من طلاء زيتي غليسيرو فتاليك (منتجات قليلاك الشركة الوطنية للدهن) .

_ العينة السابعة : طبقة من طلاء زيتي (السعادة) .

_ العينة الثامنة : طبقة من الجير + طبقة من البرنيق .

_ العينة التاسعة : طبقة من الجير + طبقة من قليلاك .

_ العينة العاشرة : طبقة من الجير + طبقة من أسترادال .

_ العينة الحادية عشر : طبقتين من طلاء زيتي (قليلاك) .

_ العينة الثانية عشر والثالثة عشر : دون أي نوع من الطلاء بحيث تعتبر كشاهد .

والصور التالية توضح مظهر العينات قبل وبعد عملية الطلاء :

صورة رقم 83 : العينات قبل عملية الطلاء .

صورة رقم 84 : العينات بعد عملية الطلاء .

وتركنا العينات حتى تجف في جو المخبر مدة 10 أيام ، ثم قمنا بوزنها فتحصلنا على M_{10j} .

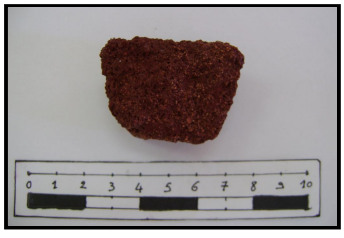
ملاحظات :

_ تعد العينة العاشرة والتي تحتوي على جير + طلاء من أسترادال الأحسن مظهرا ، إذ أن سطح العينة صار أملسا ، صورة رقم 85 .

_ بقيت بعض العينات مثل : (05 ، 06 ، 07 ، 08) تحوي فراغات راجعة إلى طريقة الطلي وعدم تغلغل الطلاء في جميع مسامات العينات ، الصور التالية رقم : 86 ، 87 ، 88 .

صورة رقم 85: مظهر العينة 10 .

صورة رقم 86 : مظهر العينة 06 .

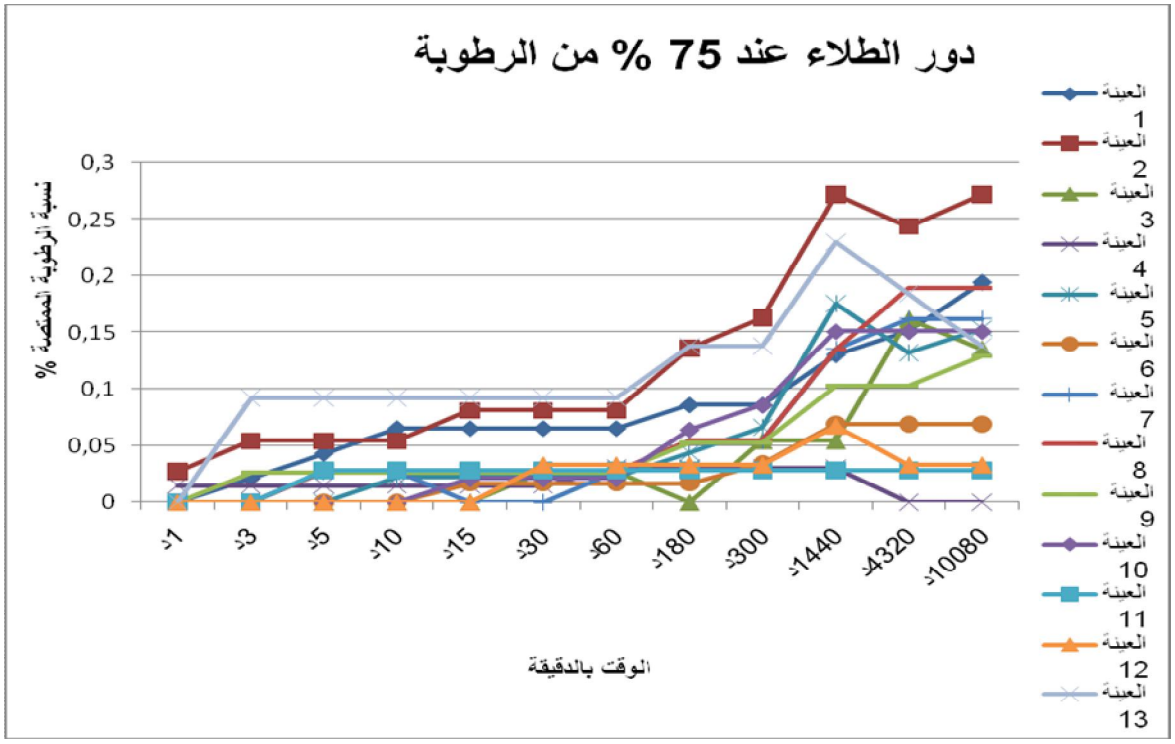


صورة رقم 87 : مظهر العينة 07 .

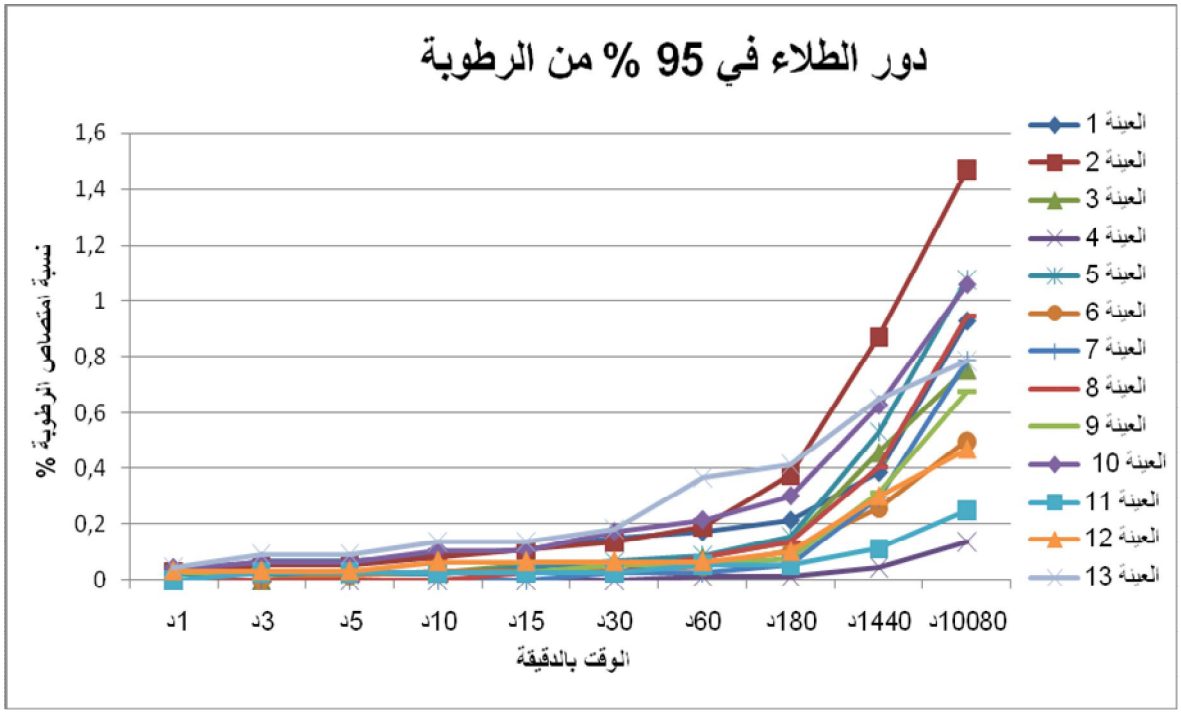
صورة رقم 88 : مظهر العينة 08 .

صورة رقم 89 : العينات في جهاز الرطوبة 75 % .

بعدها وضعت العينات في جهاز dessicateur به رطوبـــة قـــدرهـــا 75 % (صورة رقم 89) والتي تم الحصول عليها بوضع كمية من الملح (Na Cl) في 500 ملل مـــن الماء حتى درجة التشبع ، وقد كانت مدة التجربة10 أيام بحيث يتم وزن العينات بعد أوقات محددة ، وبعد انقضاء المدة نزعت العينات وجففت في جو خارجي درجة حرارته 30°م مدة 4 ســـاعات ، وفي اليوم الذي من المقرر أن توضع فيه العينات في رطوبة قـــدرها 95 % (التي تم فيها استخدام Na OH لتحضير هذا الوسط) ، جففت العينات في فرن تجفيف درجة حرارته 40°م مدة 30 دقيقة وهذا حتى لا يذوب الطلاء أو يحترق وهذا من أجل الحصول على الكتلة الناشفة للعينات ، وتم تمثيل نتائج التجربة في شكل منحنيات بيانية موجودة في الشكلين التاليين .



شكل رقم 25 : منحنيات بيانية لدور الطلاء في 75 % من الرطوبة .



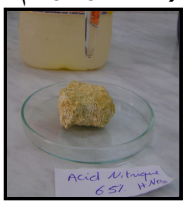
شكل رقم 26 : منحنيات بيانية لدور الطلاء في 95 % من الرطوبة .

8.1 _ تأثير الأحماض والقواعد على حجارة الطوف :

نظرا لوجود الغازات الملوثة في الجو والتي تتفاعل مع الماء مشكلة أحماضا مختلفة ، بالإضافة إلى قرب منطقة الدراسة من البحر مما يعني وجود عناصر قاعدية ، وبغية معرفة تأثير هذه المحاليل على حجارة الطوف قمنا بهذه التجربة من أجل فهم أوضح لهذه التفاعلات والأثر الذي تخلفه على هذا النوع من الحجارة .

ومن أجل القيام بهذه التجربة اخترنا نوعين من الأحماض وهما : حمض الكبريتيك H_2SO_4 وحمض الآزوت HNO_3 ، أما عن الأسس فاخترنا : هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوي) NaOH بتركيزات صغيرة 7 % ، أما الأساس الذي اختيرت عليه هذه الأنواع فراجع إلى تواجدها في مكان الدراسة سواء من الجو أو عن طريق البحر ، و تم تطبيق كل من حمض الكبريت وهيدروكسيد الصوديوم على أربع عينات لكل محلول : الأولى بها طلاء زيتي من منتجات قليلاك ، والعينة الثانية تحتوي على طلاء فنيلي من منتجات أسترادال والعينة الثالثة بها جير ، أما العينة الرابعة فمن دون أي طلاء ثم وضعت كل عينة في محلول ، كما قمنا بإضافة بعض القطرات من

حمض الآزوت بتركيز 65 % على عينة من دون طلاء لمعرفة تأثير هذا الأخير عليها (صور رقم 90 ، 91 ، 92 ، 93 ، 94) .



صورة رقم 90 : إضافة HNO_3 إلى عينة الطوف .

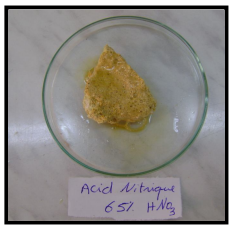
صورة رقم 91 : العينات داخل محلول Na OH .

صورة رقم 92 : العينة الأولى داخل محلول H_2SO_4 .

صورة رقم 93 : العينة 02 ، 03 داخل محلول H_2SO_4 .

صورة رقم 94 : العينة الرابعة داخل محلول H_2SO_4 وتشكل الفقاعات .

ونتائج التجربة موضحة في الصور التالية .



صورة رقم 95: تغير لون العينة إلى الأصفر .

صورة رقم 96: تحلل الطلاء ونقصان كثافته .

صورة رقم 97 : زوال أجزاء من الطلاء وتحلله ، وفقدان التماسك .

صورة رقم 98 : تقشر الطلاء المائي .

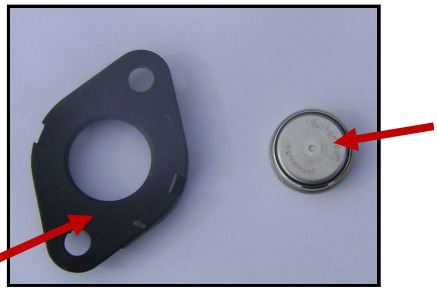
صورة رقم 99 : تحلل الجير وزوال أجزاء منه .

صورة رقم 100 : تشكل سطح أبيض وفقدان التماسك .

9.1 _ قياس الرطوبة والحرارة بواسطة جهاز thermohygro-bouton :

1.9.1 _ تعريف جهاز قياس الحرارة والرطوبة thermohygro-bouton :

هو عبارة عن أداة لقياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية بشكل متزامن ، تتكون من قسمين : أداة القياس و الحامل كما هو موضح في الصورة رقم 101 ، تتألف أداة القياس من وجهين : الوجه الحساس والذي يقيس الحرارة والرطوبة ويخزنها

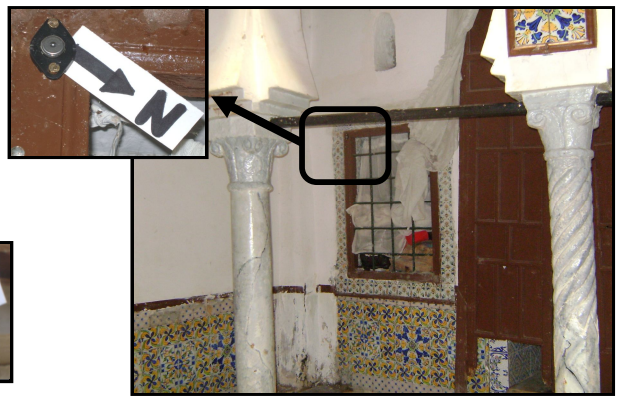


صورة رقم 101: جهاز قياس الرطوبة والحرارة .

ووجه أصم ، تخزن المعطيات ثم تنقل عبر برنامج خاص .

2.9.1 _ وضع الأجهزة في الموقع :

بغية قياس تغيرات نسبة الرطوبة و درجة الحرارة في حي القصبة ، قمنا بوضع جهازين في منزل إحدى العائلات ، حيث وضعنا الجهاز الأول داخل البيت في الطابق السفلي منه (صورة رقم 102) ، أما الجهاز الثاني فقد وضع على السطح (صورة رقم 103) ، وبرمجت الأجهزة على إعطاء النتائج كل نصف ساعة ولمـــدة 45 يوما ، وقد وضعت الأجهزة في 22 جوان 2009 وتم نزعها في 4 أوت 2009 .



صورة رقم 102: توضح مكان وضع الجهاز الأول لقياس الحرارة والرطوبة .

صورة رقم 103: توضح مكان وضع الجهاز الثاني لقياس الحرارة والرطوبة .

وقد تم تلخيص النتائج في الجدولين التاليين .

جدول رقم 19 : ملخص نتائج قياس الرطوبة والحرارة للجهاز رقم 01 .

اليوم	معدل درجة الحرارة (°م)	درجة الحرارة القصوى (°م)	درجة الحرارة الدنيا (°م)	معدل نسبة الرطوبة (%)	نسبة الرطوبة القصوى (%)	نسبة الرطوبة الدنيا (%)
09/07/01	24.25	24.3	24.2	80.74	83.9	75.4
09/07/02	24.32	24.4	24.3	79.73	82.2	77
09/07/03	24.60	24.9	24.4	84.95	87.5	80.8
09/07/04	24.7	24.8	24.5	78.70	87.9	71.4
09/07/05	24.86	25.2	24.7	76.08	80.3	67
09/07/06	25.05	25.2	25	74.24	80.2	69.3
09/07/07	25.27	25.5	25.1	76.26	78	74.1

73.3	86.1	81.00	25.3	25.8	25.55	09/07/08
78.9	86	82.19	25.7	25.8	25.78	09/07/09
75	80.6	77.81	25.4	26.2	25.74	09/07/10
73.2	82.5	80.13	25.2	25.8	25.56	09/07/11
79.6	85.3	83.02	25.5	25.8	25.62	09/07/12
62.1	83.9	76.51	25.5	26.4	25.87	09/07/13
74.7	83.2	81.21	26	26.3	26.19	09/07/14
70.5	84.9	77.67	25.9	26.2	26.04	09/07/15
83.9	87.1	85.43	26.2	26.3	26.24	09/07/16
62.8	86.3	75.50	26.2	26.7	26.32	09/07/17
66.1	81.3	74.41	26	26.3	26.16	09/07/18
68.9	76	72.36	25.8	26.1	25.95	09/07/19
73.9	80.6	78.15	25.7	26	25.86	09/07/20
62.1	84.5	79.65	25.8	26	25.87	09/07/21
50.6	72.4	61.82	25.8	26.6	25.94	09/07/22
47.7	68.1	57.82	26	26.4	26.12	09/07/23
49	65.5	58.61	26.1	26.3	26.21	09/07/24
60.6	82.2	74.58	26.2	26.8	26.53	09/07/25
75.8	81.3	78.61	26.6	26.8	26.69	09/07/26
64.4	82.3	76.58	26.6	27	26.72	09/07/27
51.4	82.3	76.78	26.7	27	26.84	09/07/28
80.3	84.3	82.06	26.8	27	26.89	09/07/29
75	85.4	80.86	26.7	26.9	26.81	09/07/30
79.2	83.2	81.11	26.7	26.8	26.75	09/07/31

جدول رقم 20 : ملخص نتائج قياس درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للجهاز رقم 02 .

اليوم	المعدل اليومي للحرارة (°م)	درجة الحرارة القصوى (°م)	درجة الحرارة الدنيا (°م)	معدل نسبة الرطوبة (%)	نسبة الرطوبة القصوى (%)	نسبة الرطوبة الدنيا (%)
09/06/22	26.53	31.9	21.9	58.92	76.5	40.6
09/06/23	29.06	46.1	20.4	56.12	87.3	17.1
09/06/24	31.07	46.7	20.5	49.46	84.5	22
09/06/25	29.35	40.1	23.3	39.02	74.4	16.5
09/06/26	30.56	46.1	22.6	38.42	57.9	16.9
09/06/27	29.63	47.5	21.3	46.25	65.5	20.3
09/06/28	30.65	47.5	21.8	45.33	73	21.4
09/06/29	30.42	44.6	22.3	59.34	90	28
09/06/30	29.76	42.9	22.9	65.16	90.2	34.7
09/07/01	30.69	43.6	22.9	57.01	88.5	30.9
09/07/02	33.00	48.4	23	51.28	87.5	25.3
09/07/03	32.16	47.9	24.2	63.75	91.2	26.7
09/07/04	33.8	51.2	25.6	43.46	88	18.6
09/07/05	34.62	53.6	25.5	40.07	70.4	18.6
09/07/06	32.69	48.9	24.5	45.22	79.1	20.8
09/07/07	32.76	48.7	24.8	51.08	74.2	26.2
09/07/08	32.31	46.1	25.3	59.86	82.7	32
09/07/09	28.26	34.6	24.9	72.5	91.5	51.5
09/07/10	30.48	44.8	23.5	63.63	86.4	30.7
09/07/11	31.24	45.9	23.4	64.04	89.1	31.1
09/07/12	31.70	45.9	23.8	64.10	90.7	32.3
09/07/13	35.84	50.1	26	45.66	77.5	14.1
09/07/14	32.41	46.4	26.2	59.97	86.7	30.5
09/07/15	32.55	46.6	24.8	56.39	83	23.1
09/07/16	33.25	45.4	25.6	63.33	92	32.9
09/07/17	33.56	47.9	25	49.82	87.9	20.1
09/07/18	27.04	32.3	23.7	69.54	90.8	53.3
09/07/19	28.36	41.2	22.4	66.06	85.3	36.4

09/07/20	30.64	45.1	23.1	65.55	90.1	33.2
09/07/21	32.27	45.9	23.5	57.10	90.8	30.9
09/07/22	39.08	52	29.5	26.49	51.8	17.7
09/07/23	39.48	54.2	29.8	26.30	47.6	10.6
09/07/24	37.84	52	28.3	26.25	52.8	13.3
09/07/25	32.24	42.8	26	32.25	81.6	17.7
09/07/26	31.60	44.6	24.9	63.96	88.9	36.4
09/07/27	35.54	50.2	26.1	50.87	81.8	18.4
09/07/28	33.73	47.4	26.1	56.92	87.3	26.6
09/07/29	30.90	44.4	24.9	71.04	92.3	37
09/07/30	31.84	44.6	24.4	66.93	94.8	35.7
09/07/31	30.68	46.1	25.6	69.52	90	32.3
09/08/01	30.11	43.7	25	69.12	89.1	35.7
09/08/02	32.89	49.7	23.8	56.62	88.6	22.3
09/08/03	31.91	46.3	25.4	68.73	92	34.8
09/08/04	26.27	26.6	25.5	85.49	88.5	83.4

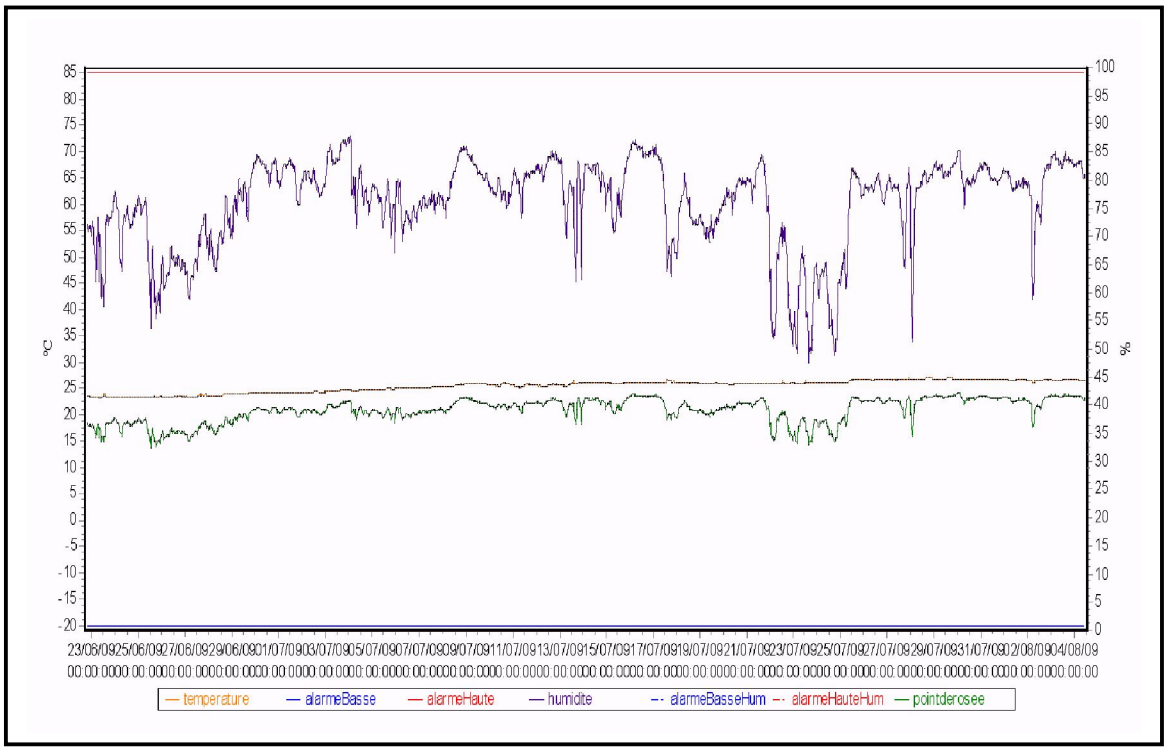
ملاحظات :

تبقى كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة مستقرة في نتائج الجهاز الأول والذي وضع داخل البيت على مستوى الطابق الأرضي ، حيث تم تسجيل 23.2°م كحد أدنى لدرجة الحرارة يوم 23 جوان 2009 على الساعة السابعة وخمس وأربعون دقيقة صـــباحا ، أما أعلى درجة فقدرت بـــ : 27°م وسجلت يوم 27 جويلية 2009 على الساعة العاشرة والربع ليلا ، أما عن نسبة الرطوبة فقد كانت مستقرة تـــتراوح مـــن 60 إلـــى 85 % ، مع تسجيل فترة انخفاض خلال الأيام الأخيرة من شهر جويلية حيث سجلنا نسبة دنيا تقدر بـــ : 47.7 % وكان ذلك في 23 جويلية 2009 على الساعة الرابعة إلا الربع عصرا ، أما أقصى نسبة فقدرت بـــ : 87.9 % وسجلت يوم 4 جويلية 2009 على الساعة الثانية إلا الربع فجرا .

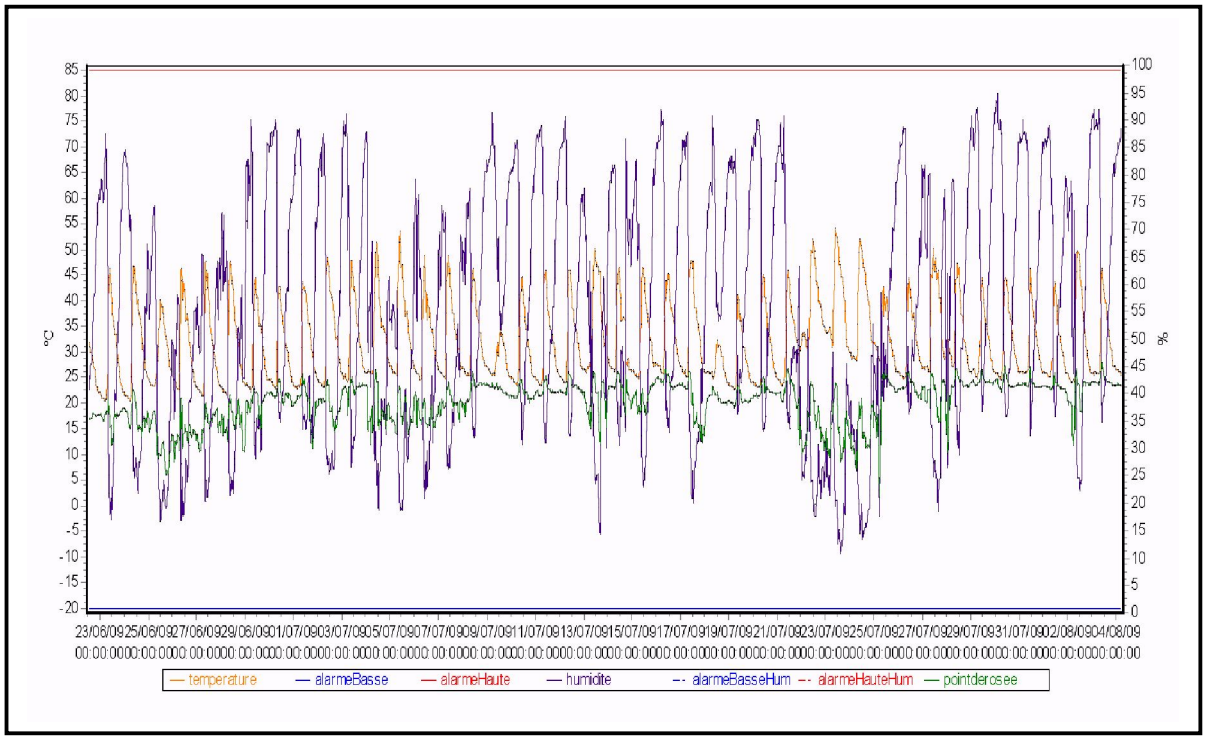
أما بالنسبة للجهاز الثاني والذي وضع على السطح فقد كان التذبذب والتغير واضحا ، حيث يعد المدى الحراري كبيرا بين الليل والنهار إذ يقدر بحوالي من 15 إلى

20°م ، ويعتبر هذا التغير الحراري بين الليل والنهار مؤثرا على مختلف مواد البناء إذ يساهم في تدهورها ويسرع من تلفها ، وتعتبر الساعات من التاسعة والنصف إلى الثانية زوالا أشد حرارة ، أما ساعات الليل فهي أكثر إنعاشا وبرودة ، وفيما يخص عن أقصى درجة حرارة فقدرت بـــ : 54.2°م والتي تم تسجيلها في 23 جويلية على الساعة العاشرة إلا خمس دقائق ، أما أدنى درجة فقدرت بـــ : 20.4°م وكان ذلك في 23 جوان على الساعة 04:55 ، وبالنسبة للرطوبة فهي متذبذبة بين الليل والنهار إذ تصل إلى أعلى نسبها في ساعات الفجر ، بينما تنخفض في النهار انطلاقا من العاشرة حيث يكون الجو حار وجاف نوعا ما ، في حين تم تسجيل 94.8 % كحد أقصى و 10.6 % كأدنى نســـبة ، وما يمكن ملاحظته أن نسبة الرطوبة تنخفض بارتفاع درجة الحرارة .

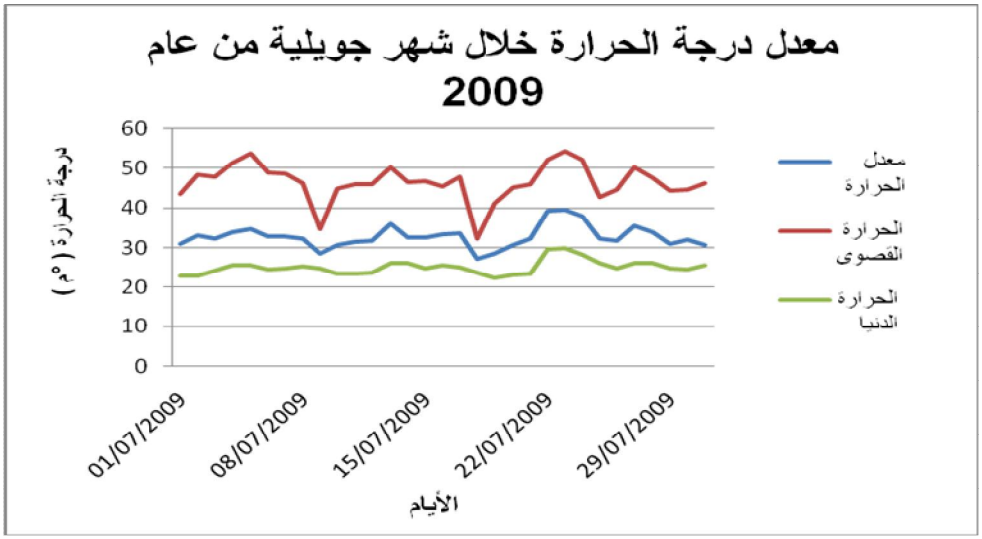
وفيما يلي أشكال تحوي منحنيات بيانية وأعمدة بيانية لهذه النتائج .



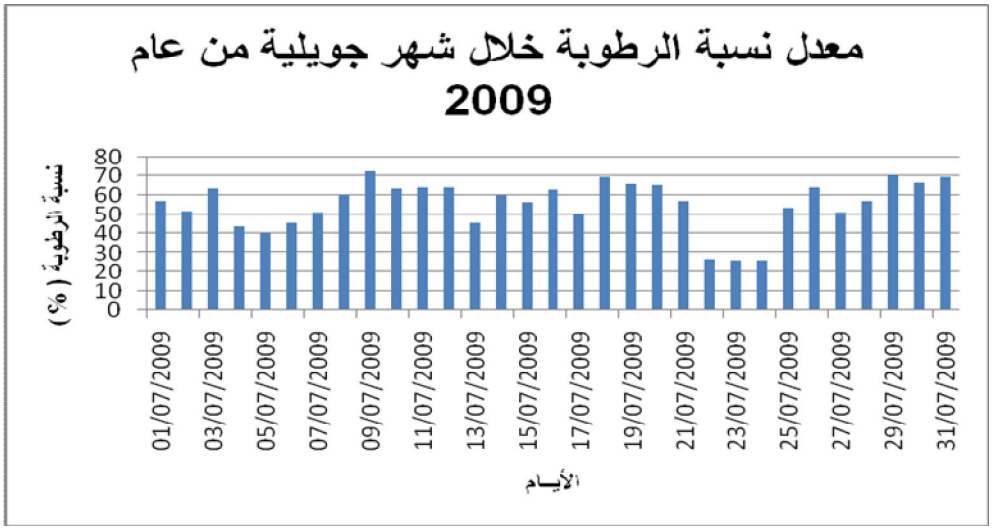
شكل رقم 27: منحنى بياني لكل من درجة الحرارة و نسبة الرطوبة للجهاز رقم 01 .



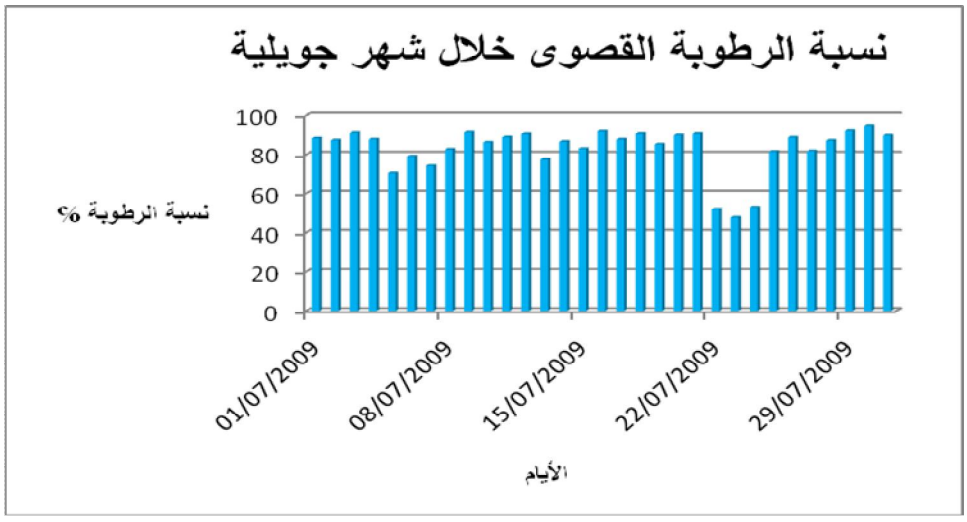
شكل رقم 28 : منحنى بياني لكل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة للجهاز رقم 02 .



شكل رقم 29 : منحنى بياني لمعدل درجة الحرارة خلال جويلية 2009 معطيات الجهاز رقم 02 .



شكل رقم 30 : أعمدة بيانية لمعدل نسبة الرطوبة في جويلية 2009 للجهاز رقم 02 .



شكل رقم 31 : أعمدة بيانية لنسبة الرطوبة القصوى في جويلية 2009 للجهاز رقم 02 .

2 _ تحليل النتائج :

من خلال نتائج التحليل المعدني DRX والكيميائي FRX يتضح أن كلا العينتين من الحجارة الكلسية الطوفية . غير أن هناك اختلاف طفيف بين العينتين ويتمثل في أن نسبة الكالسيت في العينة الثانية أعلى من نسبتها في العينة الأولى ، مما يعني أن العينتين من مصدرين مختلفين ، حيث تحتوي العينة الأولى على نسبة من أكسيد السليس تقـــدر بـــ : 13.41 % وهذا ما يعني أن هذه العينة من الحجارة الكلسية المتشكلة بالقرب من مصدر لرمال إما بحر أو نهر أو واد، أما العينة الثانية فتقدر نسبة أكسيد الكالسيوم فيها

بـــ : 68.35 % كما أنها تحتوي على نسبة ضئيلة من أكسيد السليس ما يعني تشكلها بعيدا عن البحر أو النهر وهذا ما يؤكد أنها من طوف محجرة مليانة .

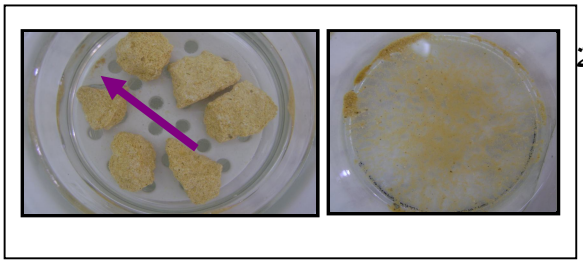
فيما يخص نتائج تجارب الخصائص الفيزيائية فيلاحظ زيادة امتصاص جميع العينات للماء بزيادة وقت التعرض ، وارتفاع نسبة المسامية المفتوحة التي تؤدي إلى الرفع من نفاذية السوائل داخل الحجر ، كما تزيد المسامية من تلف الحجارة برفعها لكمية المياه الممتصة والتي تعمل على إذابة الأملاح وتبلورها كما تؤدي إلى تمدد مائي .

أما عن التجربة الصدم الحراري فيمكن أن نستخلص بأن حجارة الطوف يمكنها مقاومة درجة الحرارة بشكل متوسط نوعا ما إذ يبدأ لونها في التغير انطلاقا من 250°م ، أما التفتت والذي كان متواجدا بشكل رئيسي على الحواف الرقيقة من العينات فيعود إلى عدم تماسك حبيبات الصخر بشكل قوي ومتين ، مما يعني بأن حجر الطوف من الحجارة الكلسية اللينة .

وفيما يخص نتائج تجربة التوزعة المسامية بواسطة جهاز قياس المسامات بمادة الزئبق ، فقد احتوت العينة الأولى على نسبة متوسطة من المسامات الدقيقة والتي يتراوح قطرها من 5 إلى 10 نانو متر ، وعلى نسبة أقل من المسامات التي يتراوح قطرها من 100 نانو إلى1000 نانو ، في حين هناك نسبة كبيرة من المسامات التي يتراوح قطرها من 10000 إلى 10100 نانو ، أما العينة الثانية فتحتوي على نسبة أقل من المسامات الدقيقة ونسبة تكاد تكون معدومة من المسامات المتوسطة ، هذا ما يؤدي إلى التقليل من امتصاص العينة للماء ، في حين ترتفع نسبة الامتصاص في العـــينة الأولى .

ومن خلال منحنيات تأثير الرطوبة يمكن القول بأن ارتفاع نسبة الرطوبة يؤدي إلى الرفع من نسبة الامتصاص .

نسبة امتصاص العينات التي لا تحتوي على طلاء أعلى من نظيرتها التي بها طلاء ، بالرغم من أن هذه الأخيرة ليست مطلية بالكامل إذ أن جانبا واحدا من جوانبها هو الذي يحتوي على الطلاء فقط ، وهذا ما يعني أن الطلاء يعترض نفوذ الماء لداخل عينات الحجارة .



صورة رقم 104 (أ،ب) : توضح التفتت في العينات الموضوعة في الماء .

يلاحظ تفتتا قليلا لأجزاء من بعض العينات جراء عملية الرفع والوضع ، أما العينات الموضوعة في الماء فكانت بها نسبة قليلة من التفتت أيضا (صورة رقم 104 (أ،ب)) والذي يرجع إلى هشاشة الأجزاء الرقيقة عند أطراف العينات وبفعل الماء الذي يسهل تحلل المادة الرابطة بين الحبيبات .

عند وضع العينات داخل الماء فنلاحظ أن نسبة الامتصاص في البداية كانت كبيـــرة ، وهذا عائد إلى أننا وضعنا العينات مباشرة بعد تجفيفها في الماء مما أدى إلى سرعة في الامتصاص من أجل تعويض الماء الذي خرج عند عملية التجفيف .

كانت نسبة الامتصاص في العينات الموضوعة في 100 % من الرطوبة متقاربة ، وهذا راجع إلى أن العينات كانت تحتوي على طلاء جيري ومائي زاد في نسبة امتصاصها للماء ، مما يعني أن هذا النوع من الطلاء لا يمكنه أن يمنع نفوذ الماء للعينات بصفة جيدة ، نظرا لتفاعل الماء معه .

وبالنسبة لنتائج تجربة دور الطلاء فيلاحظ من خلال المنحنيات أن العينة الثانية التي تحتوي على طلاء مائي فنيلي أكثر العينات امتصاصا للرطوبة ، مما يعني أن هذا النوع من الطلاء لا يمنع الماء من النفوذ للحجارة فدوره تزييني أكثر منه عازل للرطوبة .

أما العينتين : الرابعة و الحادية عشر فكانتا الأقل امتصاصا وهذا لاحتوائهما على طبقتين من الطلاء الزيتي ، مما يؤكد أن الطلاء الزيتي عازل للماء وبزيادة عدد الطبقات يزيد دوره الحامي ، لأنه سوف يقضي على جميع الفتحات والمسامات الخارجية التي تسمح بنفوذ الماء بتشكيل سطح أملس وغشاء عازل .

فيما لا يلعب البرنيق دورا عازلا إذ أن نسبة امتصاصه مقاربة للعينة التي لا تحتوي على طلاء .

وقد كان امتصاص كل من العينات : 01 ، 02 ، 05 ، 08 ، 10 أعلى من امتصاص العينة 12 و العينة 13 اللتين لا تحتويان على طلاء ، مما يعني أن الدهان

المستعمل فيها غرضه الزينة أكثر منه الحماية (الطلاء المائي و البرنيق والجير) .

وفيما يخص نتائج تجربة تأثير الأحماض والأسس فقد لاحظنا تشكل فقاعات في العينات الموضوعة في المحاليل الحمضية ما يعني بداية التفاعل وانطلاق غاز الكربون .

العينات الموضوعة في المحلول القاعدي لم يحدث لها تغير ما عدا العينة الأولى المطلية بطلاء زيتي حيث بدأت بالتحلل وقلت كثافة الطلاء ، ما يعني أن هناك مكونات في الطلاء تفاعلت مع المحلول .

تغير لون العينة الموضوعة في محلول حمض الآزوت إلى اللون الأصفر بعد مدة من إضافة قطرات الحمض ، وهذا نتيجة لوجود تفاعل وتكون مادة جديدة وفق المعادلة التالية :

$$2\,HNO_3 + Ca\,CO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2 .$$

تحلل طلاء العينة الأولى الموضوعة في المحلول الحمضي وتشكل مادة بيضاء اللون وبداية تفتتها ، كما فقدت العينة تماسكها وأصبحت هشة .

زوال أجزاء كبيرة من جير العينة الثالثة الموضوعة في الحمض ، كما فقدت العينة تماسكها أيضا ، وهذا راجع لتحلل الجير .

تشكل طبقة بيضاء على سطح العينة الرابعة وفقد تماسك العينة نتيجة تفاعل الحمض مع مادة الحجر وفق المعادلة التالية :

$$H_2SO_4 + Ca\,CO_3 \longrightarrow Ca\,SO_4 + H_2O + CO_2 .$$

الخلاصة :

يرتبط الامتصاص والنفاذية بعوامل أهمها :

_ نسبة الرطوبة فكلما زادت الرطوبة زادت نسبة الامتصاص والنفاذية وهذا بزيادة وقت التعرض للرطوبة .

_ حجم المسامات فكلما كان الحجم صغيرا والعدد كبيرا كانت النفاذية أعلى .

_ نسبة المسامات المفتوحة تحدد كمية الامتصاص ونفاذ السوائل للمادة فبزيادتها تزداد النفاذية .

_ انخفاض نسبة المسامية المفتوحة يجعل الصخر أمتن وأصلب وأكثر تجانسا .

يحمي الطلاء الزيتي حجر الطوف من نفاذ السوائل خاصة إذا كان بطبـــقات متعددة ، فبالتالي يستعمل بغرض الحفاظ والتزين معا .

_ يستعمل كل من الجير والطلاء المائي و البرنيق بغرض الزخرفة أكثر من الحماية .

تؤثر المحاليل الحمضية على حجارة الطوف وتغير من تركيبتها وتجـــعلها أكثر هشاشة .

الخاتمة

خاتمة :

تعد الحجارة من أول المواد التي استخدمت في البناء وهذا راجع لخصائصها المختلفة والمتنوعة ، و يساهم الاختيار الأنسب لمادة البناء في بقاء المعلم واستمراره ، وتعتبر حجارة الطوف من الأنواع الكثيرة المستعملة في البناء . وقد أدت التجارب المخبرية إلى استخلاص النتائج التالية :

– تنتمي الحجارة المستعملة في أعمدة وأطر أبواب بيوت القصبة إلى الطوف الرسوبي.

– تحتوي حجارة الطوف التي استعملت في أطر أبواب وأعمدة منازل القصبة على نسب كبيرة من الكلس والكوارتز ، حيث تقدر نسبة الكلس 42.03 % أما الكوارتز فيقدر بـــ : 13.41 % ، أما العينة التي جلبت من محجر زقالة بعيد الدفلى فتقدر نسبة الكلس بها بـــ : 68.35 % ، كما أنها تحتوي على نسب قليلة من الكوارتز .

– تميزت حجارة الطوف المستعملة بمساميتها العالية (حيث تقدر بـــ 35 % باستعمال الطرق الكلاسيكية و حوالي 25 % باستعمال الطرق الحديثة) والتي تؤدي إلى الرفع من امتصاصها للماء وبالتالي زيادة عملية تدهورها وتلفها ، حيث تعتبر المياه والرطوبة في القصبة مصدرا مهما للتلف .

– باعتبار أن الطوف من الحجارة الرسوبية الكلسية فهو يتأثر بالأحماض التي تعمل على تحلله وهذا ما لاحظناه من خلال تجربة تأثير الأحماض .

– قدرة الطلاء وخاصة الزيتي منه على التقليل من نسبة امتصاص الماء حيث يمكنه منع الامتصاص كاملا إذا كان بطبقات متعددة .

– وما يلفت الانتباه أن حجارة الطوف المتواجدة على أطر الأبواب أكثر تلفا من الأعمدة والتيجان ، وهذا راجع لتفاعلها المباشر مع عوامل المحيط الخارجي من رطوبة وحرارة وتلوث ، في حين تأتي الأعمدة في المرتبة الثانية نظرا لحملها ثقل البناء خاصة بعد

الزيادات المحدثة على المنازل كمضاعفة الأرضيات باستخدام الإسمنت ، أو بناء غرف فوق السطح مما يعني ممارسة ثقل أكبر ما يجعل الأعمدة تتشقق وتتصدع .

تعتبر المباني شاهد مادي على رقي وتطور الشعب الذي بناها وعلى مدى تمكنه وفهمه للهندسة وبقية العلوم ، ولذلك ينبغي الحفاظ عليها والعمل على إصلاح وترميم ما تهدم منها لإيصالها للأجيال القادمة ، وتعتبر القصبة إرثا تاريخيا عالميا منذ تصنيفها من طرف منظمة اليونسكو في عام 1992 ، ولهذا يجب منحها الأولية في برنامج المحافظة والترميم وهذا بالنظر للقيمة الفنية والتاريخية و الأثرية والطراز المعماري الفريد التي تمتاز به .

ونظرا للحالة المأساوية التي بلغتها معظم بيوت وشوارع القصبة فيجب اللجوء وبسرعة إلى عملية ترميم منظمة وواسعة ، سعيا منا للحفاظ على ما تبقى من أثار وإعادة تأهيلها لتسترجع الوجه القديم التي كانت تعرف به ، حيث كانت تدعى منذ زمن قريب فقط بالجزائر البيضاء ، وكانت عبارة عن متاهة مزخرفة يتوه فيها الزائر متمتعا بجمال أبواب منازلها وزخرفة عيونها ، أما حاليا فهي عبارة عن خراب و أجزاء منهارة وأخرى قائمة بجدران إسمنتية ومن الآجر الحديث المتعارضة مع المواد القديمة ، حيث تعرف الآن عملية ترميم واسعة ضمن إطار المخطط الدائم لحماية وإعادة الاعتبار للقطاعات المحمية ، والذي انطلق في 2007 ويضم ثلاثة مراحل تحوي مرحلته الأولى " التشخيص والعمليات الإستعجالية " ، أما المرحلة الثانية فهي عبارة عن دراسة تاريخية وتصنيفية ثم الانتقال إلى عمليات الترميم والتدخلات ثم إعداد الصيغة النهائية لهذا المخطط .

وبعد عملية البحث و الدراسة التي قمنا بها حول القصبة فإننا نقترح الأتي :

– يستعمل الطلاء إما لغرض تزييني عند طلاء الجدران أو بغرض الحماية من الرطوبة ، إذ يتم استعمال الطلاء الزيتي لهذا الغرض والذي يحمي حجارة الطوف في أطر الأبواب والأعمدة من الرطوبة الخارجية والملوثات كالغبار وأدخنة السيارات ، ولكنه لا يستطيع منع المياه المنتقلة من الجدران والأرضيات بواسطة الخاصية الشعرية ، والتي تحمل معها

الأملاح التي تتبلور تحت الطلاء مسببة هشاشة وإضعافا للحجارة لعدم تمكن المياه من التبخر ، ولهذا بغية القضاء على هذا المشكل ينبغي عزل الأساسات والجدران لمنع انتقال الماء ، وغالبا ما يتم وضع طبقة من الزفت لفعاليته وسهولة استعماله بالإضافة لانخفاض تكاليفه .

– ينبغي إزالة الإسمنت الذي استعمل في إصلاح العديد من المباني ، خاصة في إلصاق الأعمدة التي انكسرت وهذا باعتبارها مصدرا للأملاح التي تعمل على إضعاف بنية حجارة الطوف ، ونظرا لصلابته العالية والتي لا تتوافق مع حجارة الطوف حيث تؤدي إلى تفتت المناطق التي هي في اتصال مباشر .

– إعادة لصق الأعمدة وأطر الأبواب التي فقدت أجزاء منها بالتقنيات الحديثة من دون استعمال الإسمنت ، حيث هناك طريقتين لترميمها :

• إما بإلصاق قطع جديدة تكون من نفس نوع الحجارة الأصلية و التي يمكن الحصول عليها بعد عمليات تدعيم وترميم المنازل ، أو باستخراج حجارة الطوف من منطقة الأبيار أو القبة ، وينبغي مراعاة شروط متعددة قبل عملية الإلصاق منها : في حالة الأجزاء الكبيرة ينبغي تدعيمها بإضافة أوتاد من ألياف الكربون أو ألياف زجاجية من أجل حمل الثقل ، وهذا عقب حفر ثقوب صغيرة بحسب قطر الأوتاد المراد استعمالها مع استعمال راتنج إيبوكسيدي أو من سليكات الإيثيل ، وبعد عملية اللصق يمكن سد الفراغ المتبقي بواسطة مزيج من الجير الهيدروليكي أو الهوائي مع مسحوق الحجارة والماء ، أما في حالة الأجزاء الصغيرة فيتم إلصاقها باستخدام الراتنج الإيبوكسيدي الذي يمكن أن نظيف له كمية من مسحوق السليكا بغرض التخفيف من سيولة الراتنج من دون استعمال الأوتاد des goujon .

•أما في حالة الشقوق الكبيرة فيمكن استعمال ملاط من الجير الهيدروليكي والرمل ومسحوق الحجارة مع راتنج أكرليكي لإكسابه التماسك المطلوب ، مع تنظيف الأطراف المتكسرة من الغبار وترطيبها قبل استعمال الملاط .

– تفادي استعمال الدعامات أو الصقالات الحديدية التي تصدأ وتتآكل جراء أملاح البحر ، حيث ينتقل الصدأ للحجارة والمناطق التي هي في اتصال مباشر مما يؤدي إلى تفتيتها ، وعند استعمالها يجب طلائها بمواد عازلة .

– استبدال الأبواب القديمة بأخرى جديدة من نفس المادة والتصميم .

– إعادة طلاء أطر الأبواب بطلاءات جديدة وإزالة الطبقات القديمة والمتقشرة .

– سد الفجوات التي على الجدران باستعمال ملاط مشابه للقديم والذي يتكون من تربة حمراء ورمل المحاجر والجير الدهني ، وأجر مصنوع بالتقنيات القديمة مثل آجر غـــردایة .

– طلاء الجدران الخارجية للبيوت بالجير لتعود القصبة بيضاء كسابق عهدها يرى بياض منازلها من بعيد .

– تعمير الأماكن الخالية بها بطراز معماري مماثل لهندسة البيوت القديمة لتفادي تشويه المنظر العام .

– توعية السكان بالأهمية التاريخية والأثرية والمعمارية للقصبة وتفادي تدخلهم على المنازل بإدخال مواد وتعديلات جديدة عليها .

– إحياء الصناعات التقليدية في شوارعها وتشجيع السياحة بها .

– فتح بعض البيوت بعد ترميمها إلى السياح .

الملاحق

ملحق التحاليل

1 _ تحضير العينات :

_ نأخذ العينات ونقسمها إلى أجزاء صغيرة بحسب التحاليل التي سنجريها .

_ نزيل طبقة الطلاء الموجودة على السطح الخارجي للعينات من جميع العينات ما عدا تلك المستخدمة في تجربة تأثير الرطوبة ، وهذا من أجل معرفة دقيقة لخصائص الحجر .

_ نأخذ جزء من كل عينة ونقوم بسحقه في هاون من الخزف الصيني ، ثم نغربله في غربال قطر فتحاته 100 ميكرون بغرض استعماله في معرفة الكتلة الخصوصية للعـــينات .

2 _ امتصاص الماء :

1.2 – الطريقة الأولى :

2.2 – الأدوات المستعملة :

ثلاث عينات ، فرشاة ، منشفة ، ماء عادي ، حمام مائي (صورة رقم 105) ، ميزان من نوع Precisa2200CSCS (صورة رقم 106)، ملقط ، فرن من نوع MELAG (صورة رقم107) ،إناء من الخزف الصيني ، مقيـــاس للوقت Chronomètre .

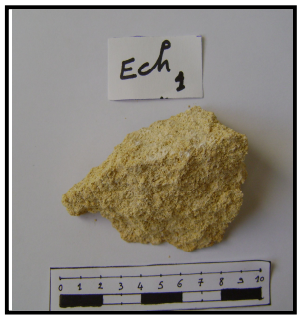
صورة رقم 105 : حمام مائي .

صورة رقم 106 : ميزان الكتروني .

صورة رقم 107 : فرن التجفيف .

1.2.2- خطوات العمل :

_ نأخذ ثلاثة أجزاء من العينة الأولى (من العمود) (صور رقم 108 ، 109، 110)، ثم نزيل عنها طبقة الطلاء في حالة ما إذا كانت عليها هذه الطبقة ، وتتم العملية باستعمال الطريقة الميكانيكية بواسطة مشرط .



صورة رقم 108 : الجزء الأول من العينة 1 .

صورة رقم 109 : الجزء الثاني من العينة 1 .

صورة رقم 110 : الجزء الثالث من العينة 1 .

_ ننظف العينات من الغبار باستعمال فرشاة ، ثم نغسلها بماء جاري .

وأوزان العينات المستعملة في التجربة مبينة في الجدول التالي :

جدول رقم21 : أوزان العينات

العينات		الكتلة الناشفة M_1	الكتلة المشبعة M_2
العينة 1	A	70.44 غ	82.14 غ
	B	100.46 غ	117.63 غ
	C	54.24 غ	63.26 غ

2.2 _ أوزان العينات بالطريقة الثانية :

والنتائج ممثلة في الجدول التالي : (جدول رقم 22) .

جدول رقم 22 : أوزان العينات .

العينات		M_1	M_2	M_3
العينة 1	1	30.06 غ	35.88 غ	19.91 غ
	2	21.76 غ	25.66 غ	13.70 غ
	3	18.26 غ	21.73 غ	11.50 غ
العينة 2	1	41.40 غ	46.105 غ	26.977 غ
	2	41.84 غ	46.775 غ	27.360 غ
	3	39.58 غ	44.465 غ	25.912 غ
العينة 3	1	31.45 غ	35.361 غ	20.810 غ
	2	29.77 غ	33.937 غ	19.697 غ
	3	22.17 غ	24.772 غ	14.626 غ
العينة 4	1	16.38 غ	17.422 غ	10.267 غ
	2	11.61 غ	12.216 غ	7.276 غ
	3	11.05 غ	11.882 غ	6.918 غ

3 _ الكتلة الحجمية :

جدول رقم 23 :نتائج تجربة الكتلة الحجمية بالطريقة الأولى .

العينات		الكتلة المشبعة (غ)	الحجم الأول (ملل)	الحجم الثاني (ملل)
العينة 1	1	82.14 غ	250 ملل	290 ملل
	2	117.63 غ	250 ملل	300 ملل
	3	63.26 غ	250 ملل	280 ملل

4_ الكتلة الخصوصية :

جدول رقم 24 : أوزان العينات في تجربة الكتلة الخصوصية .

العينات	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
العينة 1	17.76 غ	20.76 غ	40.95 غ	39.13 غ	42.62 غ
العينة 2	23.12 غ	26.12 غ	46.23 غ	44.42 غ	47.79 غ
العينة 3	11.44 غ	14.44 غ	35.81 غ	34.01 غ	37.62 غ
العينة 4	32.52 غ	35.52 غ	77.99غ	75.11 غ	81.98 غ

5 _ تأثير الرطوبة :

1.5 _ الكتلة الناشفة للعينات :

جدول رقم 25 : يبين الكتلة الناشفة للعينات .

نسبة الرطوبة	العينات / الكتلة (غ)		الكتلة الناشفة M_1
75 %	عينات بدون طلاء	1	44.23
		2	61.11
		3	41.22
	عينات بها جزء من الطلاء	1	89.96
		2	84.62
		3	39.13
95 %	عينات بدون طلاء	1	29.05
		2	33.09
		3	31.85

	عينات بها جزء من الطلاء	1	25.45
		2	21.93
		3	19.72
100 %	عينات بدون طلاء	1	37.13
		2	33.15
		3	35.74
	عينات بها جزء من الطلاء	1	24.85
		2	28.10
		3	21.12

2.5 _ أوزان العينات في مختلف الأوساط الرطوبية :

جدول رقم 26 : أوزان العينات في 75 % من الرطوبة .

	75 %					
العينات	**عينات بدون طلاء**			**عينات بها طلاء**		
الوزن	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
M_{1m}	44.23 غ	61.11 غ	41.22 غ	89.96 غ	84.62 غ	39.14 غ
M_{2m}	44.23 غ	61.12 غ	41.22 غ	89.97 غ	84.62 غ	39.14 غ
M_{3m}	44.23 غ	61.12 غ	41.22 غ	89.97 غ	84.62 غ	39.14 غ
M_{5m}	44.23 غ	61.12 غ	41.22 غ	89.98 غ	84.62 غ	39.16 غ
M_{15m}	44.23 غ	61.14 غ	41.23 غ	89.99 غ	84.63 غ	39.17 غ
M_{30m}	44.25 غ	61.14 غ	41.25 غ	90.01 غ	84.66 غ	39.18 غ
M_{1h}	44.26 غ	61.15 غ	41.25 غ	90.03 غ	84.68 غ	39.20 غ
M_{3h}	44.27 غ	61.15 غ	42.09 غ	90.48 غ	84.76 غ	39.33 غ

M_{5h}	44.28 غ	61.17 غ	42.15 غ	90.51 غ	84.81 غ	39.33 غ
M_{24h}	44.29 غ	61.36 غ	42.15 غ	90.58 غ	85.17 غ	39.35 غ
M_{5j}	47.87 غ	65.85 غ	45.05 غ	93.42 غ	88.43 غ	41.79 غ
M_{7j}	48.40 غ	65.76 غ	45.05 غ	93.62 غ	88.43 غ	41.79 غ
M_{15j}	48.50 غ	65.77 غ	45.03 غ	93.61 غ	88.43 غ	41.79 غ
M_{30j}	48.34 غ	65.95 غ	45.04 غ	93.71 غ	88.44 غ	41.91 غ

جدول رقم 27: أوزان العينات في 95 % من الرطوبة .

	% 95					
العينات	عينات بدون طلاء			عينات بها طلاء		
الوزن	1	2	3	1	2	3
M_{1m}	29.05	33.09	31.86	25.45	21.93	19.73
M_{2m}	29.05	33.09	31.86	25.45	21.93	19.73
M_{3m}	29.05	33.09	31.86	25.45	21.93	19.73
M_{5m}	29.06	33.09	31.86	25.46	21.93	19.73
M_{10m}	29.06	33.10	31.87	25.46	21.93	19.74
M_{15m}	29.06	33.11	31.88	25.46	21.93	19.74
M_{30m}	29.07	33.12	31.88	25.46	21.94	19.74
M_{1h}	29.12	33.15	32.27	25.49	21.97	19.79
M_{3h}	30.38	34.15	33.83	26.28	22.20	19.85
M_{5h}	30.42	34.28	33.88	26.34	22.28	19.93
M_{24h}	31.20	34.91	34.30	27.03	22.93	20.43
M_{5j}	32.13	35.47	34.93	27.62	23.07	21.02

M_{7j}	32.73	35.96	35.02	27.83	23.67	21.58
M_{15j}	33.45	36.47	35.53	28.07	23.98	21.71
M_{30j}	33.57	36.59	35.65	28.27	24.15	21.91

جدول رقم 28 : أوزان العينات في 100 % من الرطوبة .

	% 100					
العينات	عينات بدون طلاء			عينات بها طلاء		
الامتصاص	1	2	3	1	2	3
M_{1m}	39.81	36.28	39.51	26.48	30.11	22.97
M_{3m}	39.77	36.36	39.49	26.62	30.31	23.13
M_{5m}	39.65	36.32	39.50	26.77	30.42	32.15
M_{10m}	39.66	36.34	39.55	26.77	30.50	23.09
M_{15m}	39.74	36.45	39.58	26.96	30.62	23.18
M_{30m}	39.87	36.40	39.56	27.02	30.66	32.16
M_{1h}	39.92	36.47	39.56	27.13	30.74	23.16
M_{3h}	39.98	36.50	39.60	27.22	30.82	23.23
M_{24h}	40.73	36.65	39.92	27.61	31.19	23.41
M_{5j}	42.15	37.20	40.12	28.35	31.56	23.84
M_{7j}	42.77	37.80	40.49	28.47	31.53	23.84
M_{15j}	42.93	37.91	40.64	28.61	31.78	24.02
M_{30j}	42.86	38.12	40.96	28.86	31.84	24.10

3.5 _ نتائج امتصاص الرطوبة في مختلف الأوساط الرطوبية :

جدول رقم 29 : يلخص نتائج امتصاص الرطوبة عند 75 % .

العينات	عينات بدون طلاء				عينات بها طلاء			
الامتصاص	1	2	3	المتوسط	1	2	3	المتوسط
Ab_{1m}	0	0	0	**0**	0	0	0,025	0,008
Ab_{2m}	0	0,016	0	**0,005**	0,011	0	0,025	**0,012**
Ab_{3m}	0	0,016	0	**0,005**	0,011	0	0,025	**0,012**
Ab_{5m}	0,022	0,016	0	**0,012**	0,022	0	0,076	**0,032**
Ab_{15m}	0,022	0,049	0,024	**0,031**	0,033	0,011	0,102	**0,048**
Ab_{30m}	0,045	0,049	0,072	**0,055**	0,055	0,047	0,127	**0,076**
Ab_{1h}	0,067	0,065	0,072	**0,068**	0,078	0,071	0,18	**0,11**
Ab_{3h}	0,09	0,065	2,11	**0,755**	0,578	0,165	0,511	**0,42**
Ab_{5h}	0,11	0,98	2,25	**1,11**	0,611	0,22	0,511	**0,447**
Ab_{24h}	0,13	0,41	2,25	**0,93**	0,69	0,65	0,562	**0,634**
Ab_{5j}	8,23	7,75	9,29	**8,42**	3,846	4,502	6,797	**5,048**
Ab_{7j}	9,42	7,61	9,29	**8,77**	4,068	4,502	6,797	**5,122**
$Ab_{15\,j}$	9,65	7,62	9,24	**8,83**	4,057	4,50	6,797	**5,118**
Ab_{30} **j**	9,29	7,92	9,26	**8,82**	4,168	4,514	7,104	**5,262**

جدول رقم 30 : يلخص نتائج امتصاص الرطوبة عند 95 % .

العينات	عينات بدون طلاء				عينات بها طلاء			
الامتصاص	1	2	3	المتوسط	1	2	3	المتوسط
Ab_{1m}	0	0	0.0314	**0.01**	0	0	0.05	**0.016**
Ab_{2m}	0	0	0.0314	**0.01**	0	0	0.05	**0.016**
Ab_{3m}	0	0	0.0314	**0.01**	0	0	0.05	**0.016**
Ab_{5m}	0.0344	0	0.0314	**0.022**	0.04	0	0.05	**0.03**
Ab_{10m}	0.0344	0.0302	0.0628	**0.042**	0.04	0	0.1	**0.046**
Ab_{15m}	0.0344	0.0604	0.0942	**0.063**	0.04	0	0.1	**0.046**
Ab_{30m}	0.0688	0.0907	0.0942	**0.084**	0.04	0.0456	0.1	**0.062**
Ab_{1h}	0.241	0.1813	1.32	**0.58**	0.157	0.1824	0.355	**0.231**
Ab_{3h}	4.5783	3.2034	6.1266	**4.666**	3.2613	1.2312	0.66	**1.717**
Ab_{5h}	4.716	3.6	6.3736	**4.896**	3.50	1.60	1.065	**2.055**
Ab_{24h}	7.401	5.50	7.70	**6.867**	6.21	4.56	3.60	**4.79**
Ab_{5j}	9.914	7.20	9.67	**8.928**	8.5265	5.20	6.60	**6.775**
Ab_{7j}	10.946	8.673	9.953	**9.857**	9.35	7.934	9.432	**8.905**
$Ab_{15\,j}$	12.736	10.217	11.554	**11.5**	10.3	9.348	10.1	**9.916**
Ab_{30} **j**	13.287	10.577	11.931	**11.931**	11.08	10.12	11.10	**10.766**

جدول رقم 31 : يلخص نتائج امتصاص الرطوبة عند 100 % .

العينات	عينات بدون طلاء				عينات بها طلاء			
الامتصاص	1	2	3	المتوسط	1	2	3	المتوسط
Ab_{1m}	7.22	9.442	10.55	**9.09**	6.56	7.153	8.76	**7.50**
Ab_{3m}	7.11	9.68	10.49	**9.093**	7.123	7.865	9.517	**8.168**
Ab_{5m}	6.787	9.562	10.52	**8.956**	7.726	8.256	9.612	**8.531**
Ab_{10m}	6.814	9.623	10.66	**9.032**	7.726	8.541	9.33	**8.532**
Ab_{15m}	7.03	9.954	10.744	**9.242**	8.5	8.97	9.753	**9.074**
Ab_{30m}	7.38	9.804	10.688	**9.30**	8.732	9.11	9.66	**9.167**
Ab_{1h}	7.514	10.015	10.688	**9.405**	9.175	9.4	9.66	**9.41**
Ab_{3h}	7.676	10.105	10.80	**9.527**	9.537	9.68	9.99	**9.735**
Ab_{24h}	9.695	10.558	11.695	**10.65**	11.106	10.996	10.843	**10.98**
Ab_{5J}	13.52	12.217	12.255	**12.66**	14.084	12.313	12.88	**13.092**
Ab_{7j}	15.2	14.027	13.3	**14.17**	14.567	12.206	12.88	**13.217**
Ab_{15j}	15.62	14.359	13.70	**14.56**	15.131	13.1	13.731	**13.987**
Ab_{30j}	15.432	14.992	14.605	**15.01**	15.412	13.31	14.11	**14.277**

6 _ دور الطلاء :

1.6 _ أوزان العينات قبل وبعد عملية الطلاء :

جدول رقم 32 : وزن العينات قبل وبعد عملية الطلاء .

العينات	M_0	M_{10j}	M_1
العينة 1	41.97	46.36	46.35
العينة 2	36.09	36.82	36.78
العينة 3	34.74	37.08	37.05
العينة 4	59.77	66.28	66.19
العينة 5	43.70	45.28	45.20
العينة 6	56.08	57.96	57.89
العينة 7	35.32	37.00	36.96
العينة 8	33.96	37.00	36.98
العينة 9	36.47	38.64	38.61
العينة 10	40.49	46.32	46.25
العينة 11	32.84	35.86	35.77
العينة 12	29.76	29.76	29.73
العينة 13	21.69	21.69	21.69

2.6 _ أوزان العينات في مختلف الأوساط الرطوبية :

جدول رقم 33 : أوزان العينات في 75 % من الرطوبة .

العينات / الوزن	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4	العينة 5	العينة 6	العينة 7	العينة 8
M_{1m}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{3m}	46 .37	36.84	37 .08	66.29	45.29	57.96	37	37
M_{5m}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{10m}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{15m}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{30m}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{1h}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{3h}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{5h}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{24h}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{3j}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37
M_{7j}	46 .36	36.83	37 .08	66.29	45.28	57.96	37	37

تابع للجدول

العينات / الوزن	العينة 9	العينة 10	العينة 11	العينة 12	العينة 13
M_{1m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.71
M_{3m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{5m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{10m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73

M_{15m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{30m}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{1h}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{3h}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{5h}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{24h}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{3j}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73
M_{7j}	38.64	46.32	35.86	29.76	21.73

جدول رقم 34 : يمثل أوزان العينات في 95 % من الرطوبة

العينات / الوزن	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4	العينة 5	العينة 6	العينة 7	العينة 8
M_{1m}	46.36	36.79	37.05	66.19	45.21	57.89	36.96	36.98
M_{3m}	46.38	36.80	37.05	66.19	45.21	57.89	36.96	36.98
M_{5m}	46.39	36.80	37.06	66.19	45.21	57.90	36.96	36.98
M_{10m}	46.40	36.81	37.06	66.19	45.21	57.91	36.96	36.98
M_{15m}	46.42	36.82	37.07	66.19	45.22	57.91	36.96	36.99
M_{30m}	46.43	36.83	37.07	66.19	45.23	57.91	36.97	36.99
M_{1h}	46.45	36.85	37.08	66.20	45.24	57.92	36.97	37.01
M_{3h}	46.45	36.92	37.10	66.20	45.27	57.95	36.98	37.03
M_{24h}	46.53	37.10	37.22	66.22	45.44	58.04	37.07	37.17
M_{7j}	46.78	37.32	37.33	66.28	45.66	58.18	37.25	37.37

تابع للجدول :

العينات / الوزن	العينة 9	العينة 10	العينة 11	العينة 12	العينة 13
M_{1m}	38.62	46.27	35.77	29.74	21.70
M_{3m}	38.62	46.28	35.78	29.74	21.71
M_{5m}	38.62	46.28	35.78	29.74	21.71
M_{10m}	38.62	46.30	35.78	29.75	21.72
M_{15m}	38.62	46.30	35.78	29.75	21.72
M_{30m}	38.63	46.33	35.78	29.75	21.73
M_{1h}	38.63	46.35	35.79	29.75	21.77
M_{3h}	38.64	46.39	35.79	29.76	21.78
M_{24h}	38.73	46.54	35. 81	29.82	21.83
M_{7j}	38.87	46.74	35.86	29.87	21.86

3.6 _ نتائج امتصاص الرطوبة من العينات في الأوساط الرطوبية المختارة :

جدول رقم 35 : نتائج الامتصاص في 75 % من الرطوبة .

العينات	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4	العينة 5	العينة 6
Ab_{1m}	0	0.027	0	0.015	0	0
Ab_{3m}	0.021	0.054	0	0.015	0	0
Ab_{5m}	0.043	0.054	0	0.015	0	0
Ab_{10m}	0.065	0.054	0	0.015	0.022	0
Ab_{15m}	0.065	0.081	0	0.015	0.022	0.017

Ab_{30m}	0.065	0.081	0.027	0.015	0.022	0.017
Ab_{1h}	0.065	0.081	0.027	0.03	0.022	0.017
Ab_{3h}	0.086	0.136	0.054	0.03	0.044	0.017
Ab_{5h}	0.086	0.163	0.054	0.03	0.066	0.034
Ab_{24h}	0.13	0.272	0.054	0.03	0.176	0.069
Ab_{3j}	0.151	0.244	0.162	0	0.132	0.069
Ab_{7j}	0.194	0.272	0.135	0	0.154	0.069

تابع للجدول :

العينات	العينة 7	العينة 8	العينة 9	العينة 10	العينة 11	العينة 12	العينة 13
Ab_{1m}	0	0	0	0	0	0	0
Ab_{3m}	0	0	0.026	0	0	0	0.092
Ab_{5m}	0.027	0.027	0.026	0	0.028	0	0.092
Ab_{10m}	0.027	0.027	0.026	0	0.028	0	0.092
Ab_{15m}	0	0.027	0.026	0.021	0.028	0	0.092
Ab_{30m}	0	0.027	0.026	0.021	0.028	0.033	0.092
Ab_{1h}	0.027	0.027	0.026	0.021	0.028	0.033	0.092
Ab_{3h}	0.054	0.054	0.052	0.064	0.028	0.033	0.138
Ab_{5h}	0.054	0.054	0.052	0.086	0.028	0.033	0.138
Ab_{24h}	0.135	0.135	0.103	0.151	0.028	0.067	0.23
Ab_{3j}	0.162	0.189	0.103	0.151	0.028	0.033	0.184
Ab_{7j}	0.162	0.189	0.129	0.151	0.028	0.033	0.138

جدول رقم 36 : نتائج الامتصاص في 95 % من الرطوبة .

العينات	العينة 1	العينة 2	العينة 3	العينة 4	العينة 5	العينة 6	العينة 7
Ab_{1m}	0.021	0.027	0	0	0.022	0	0
Ab_{3m}	0.065	0.054	0	0	0.022	0	0
Ab_{5m}	0.065	0.054	0.027	0	0.022	0.017	0
Ab_{10m}	0.086	0.081	0.027	0	0.022	0.034	0
Ab_{15m}	0.108	0.108	0.054	0	0.044	0.034	0
Ab_{30m}	0.151	0.136	0.054	0	0.066	0.034	0.027
Ab_{1h}	0.172	0.19	0.081	0.015	0.088	0.052	0.027
Ab_{3h}	0.215	0.38	0.135	0.015	0.155	0.103	0.054
Ab_{24h}	0.388	0.87	0.459	0.045	0.531	0.259	0.297
Ab_{7j}	0.927	1.47	0.755	0.136	1.017	0.5	0.784

تابع للجدول :

العينات	العينة 8	العينة 9	العينة 10	العينة 11	العينة 12	العينة 13
Ab_{1m}	0	0.026	0.043	0	0.033	0.046
Ab_{3m}	0	0.026	0.065	0.028	0.033	0.092
Ab_{5m}	0	0.026	0.065	0.028	0.033	0.092
Ab_{10m}	0	0.026	0.108	0.028	0.067	0.138
Ab_{15m}	0.027	0.026	0.108	0.028	0.067	0.138
Ab_{30m}	0.027	0.052	0.173	0.028	0.067	0.184
Ab_{1h}	0.081	0.052	0.216	0.056	0.067	0.368
Ab_{3h}	0.135	0.077	0.303	0.056	0.101	0.415
Ab_{24h}	0.405	0.311	0.627	0.112	0.303	0.645
Ab_{7j}	0.946	0.673	1.059	0.251	0.471	0.783

ملحق الأشكال

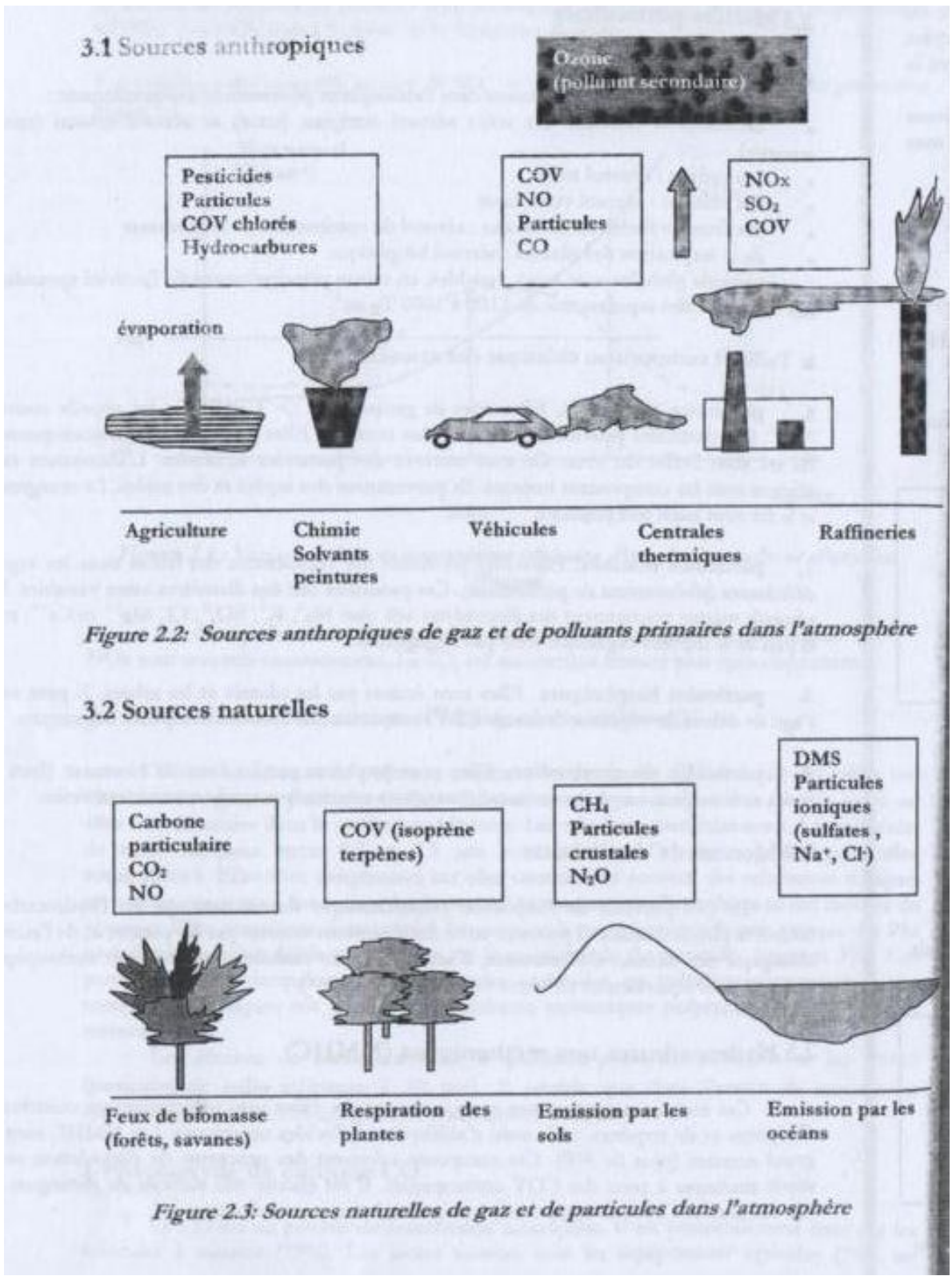
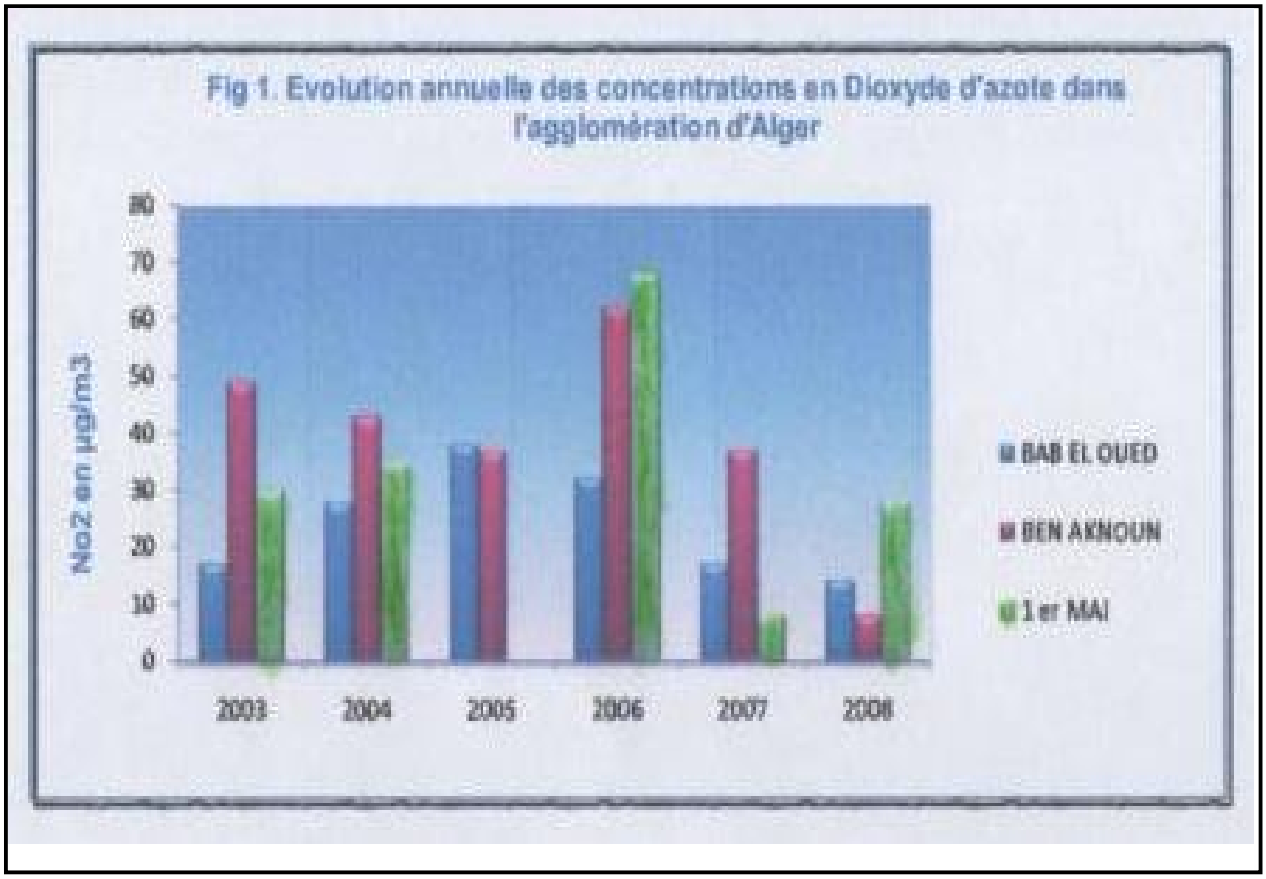


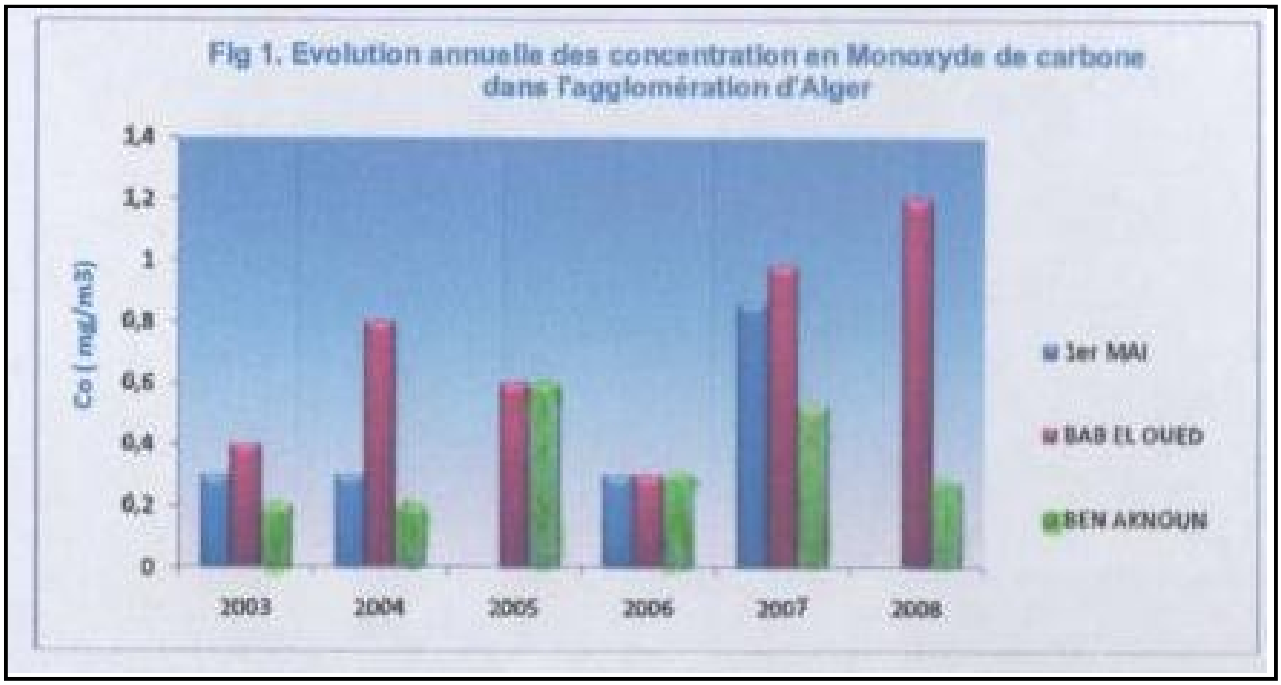
Figure 2.2: Sources anthropiques de gaz et de polluants primaires dans l'atmosphère

Figure 2.3: Sources naturelles de gaz et de particules dans l'atmosphère

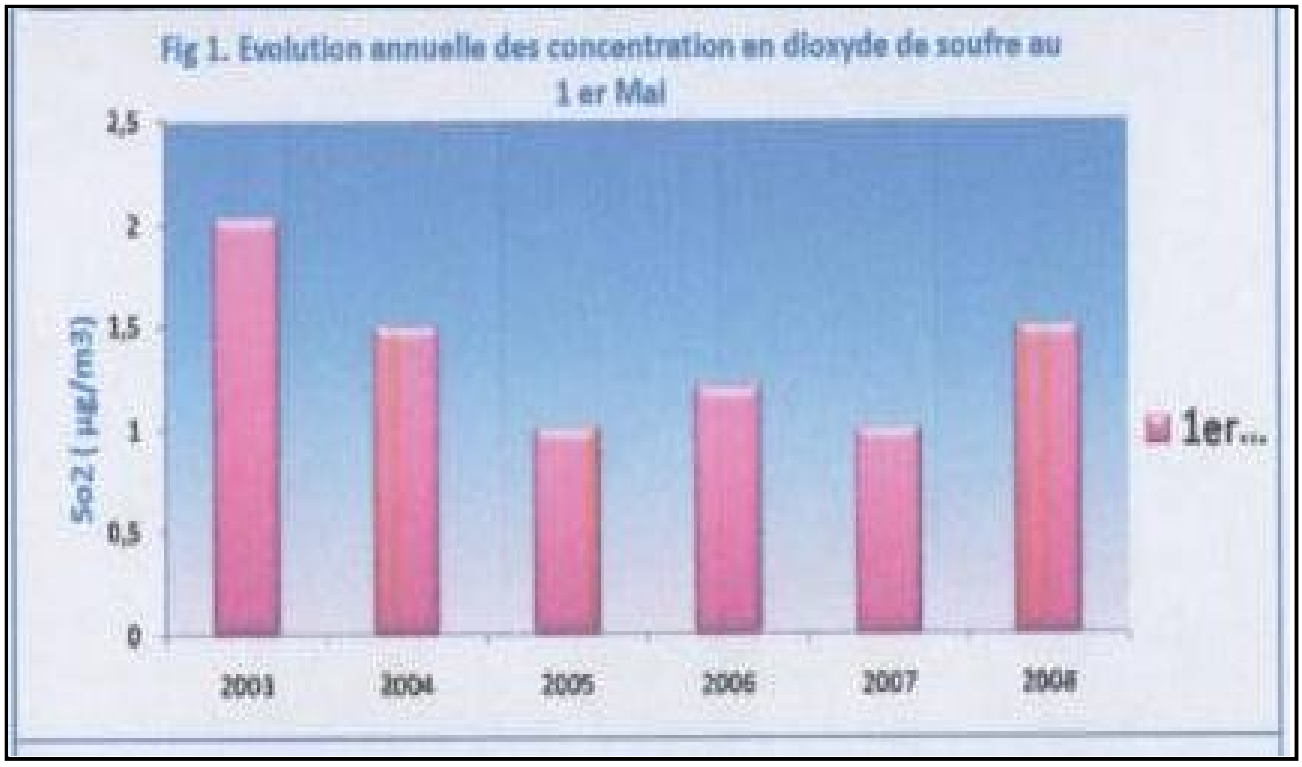
شكل رقم 01 : مختلف مصادر التلوث .



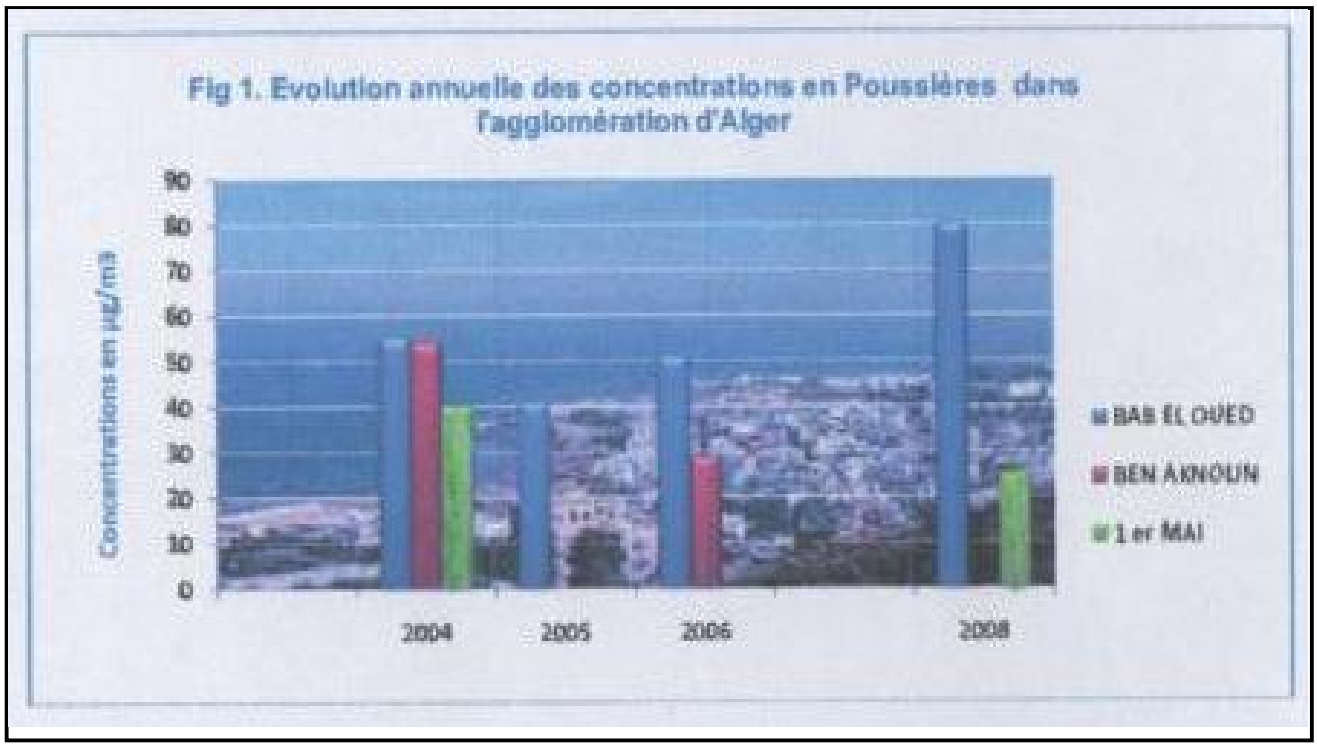
شكل رقم 02 : تركيز ثاني أكسيد الآزوت في مدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 .



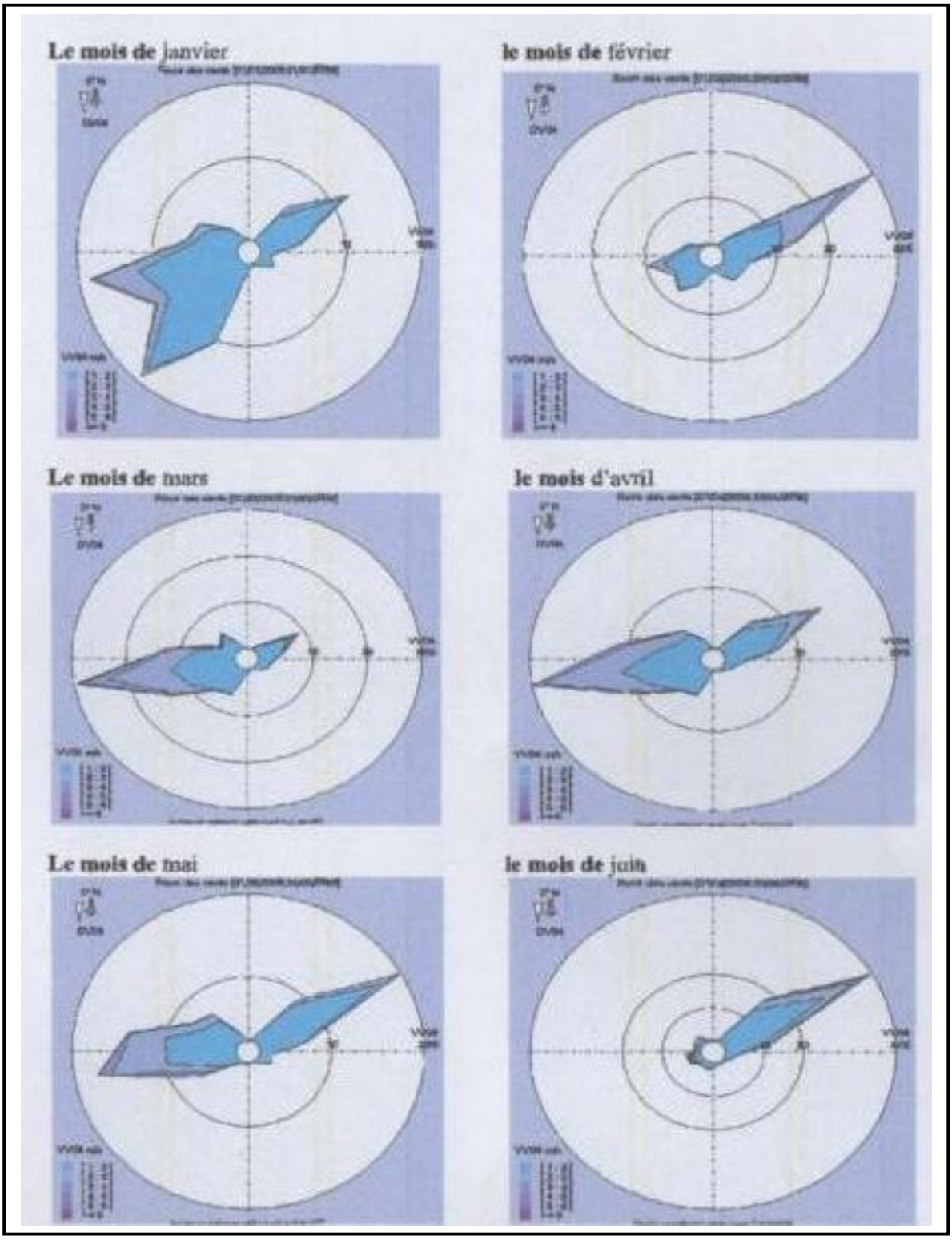
شكل رقم 03 : تركيز غاز الكربون في مدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 .



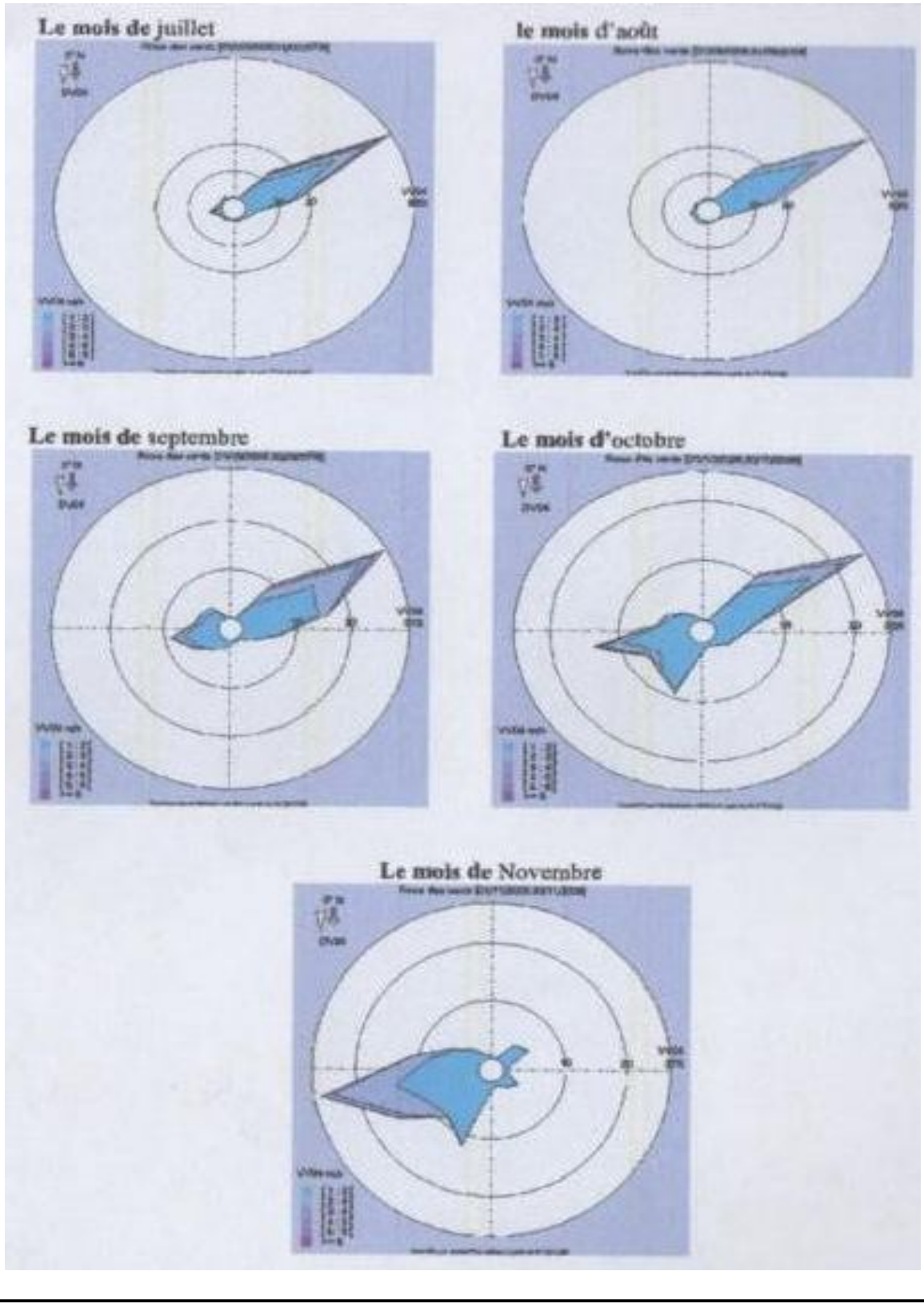
شكل رقم 04 : تركيز ثاني أكسيد الكبريت في مدينة الجزائر من 2003 إلى 2008 .



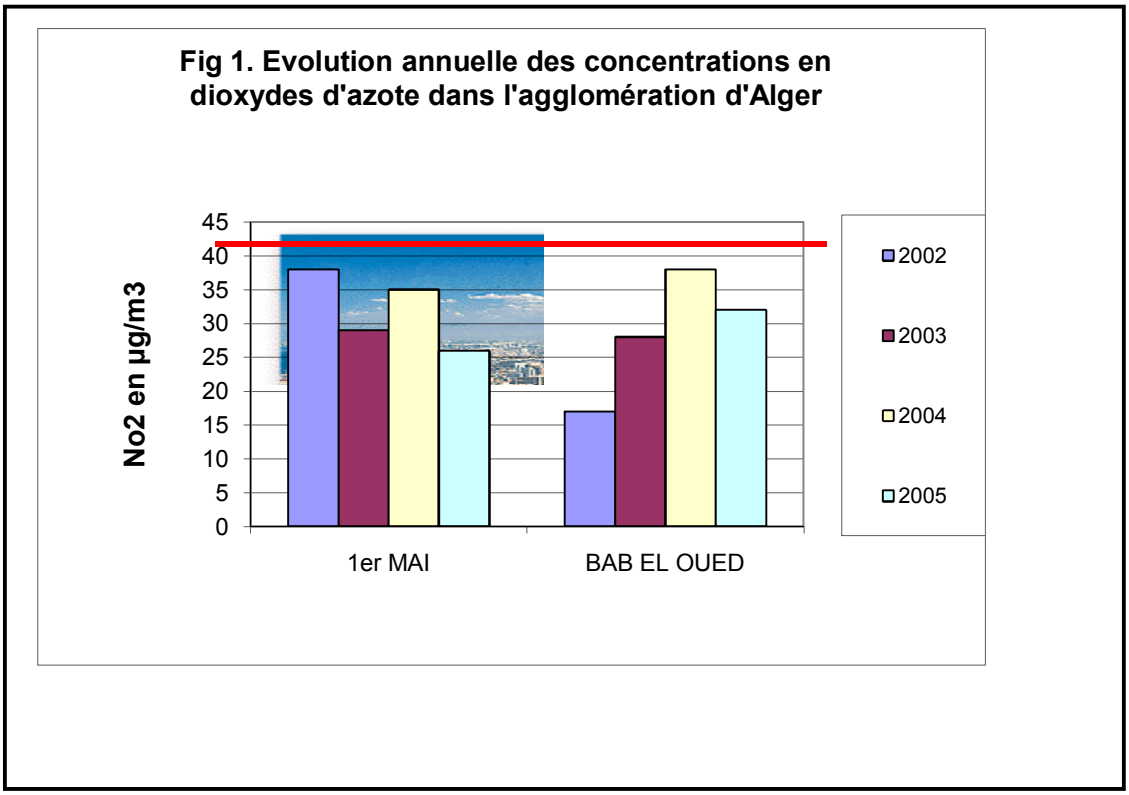
شكل رقم 05 : تركيز جزيئات الغبار في مدينة الجزائر من 2004 إلى 2008 .



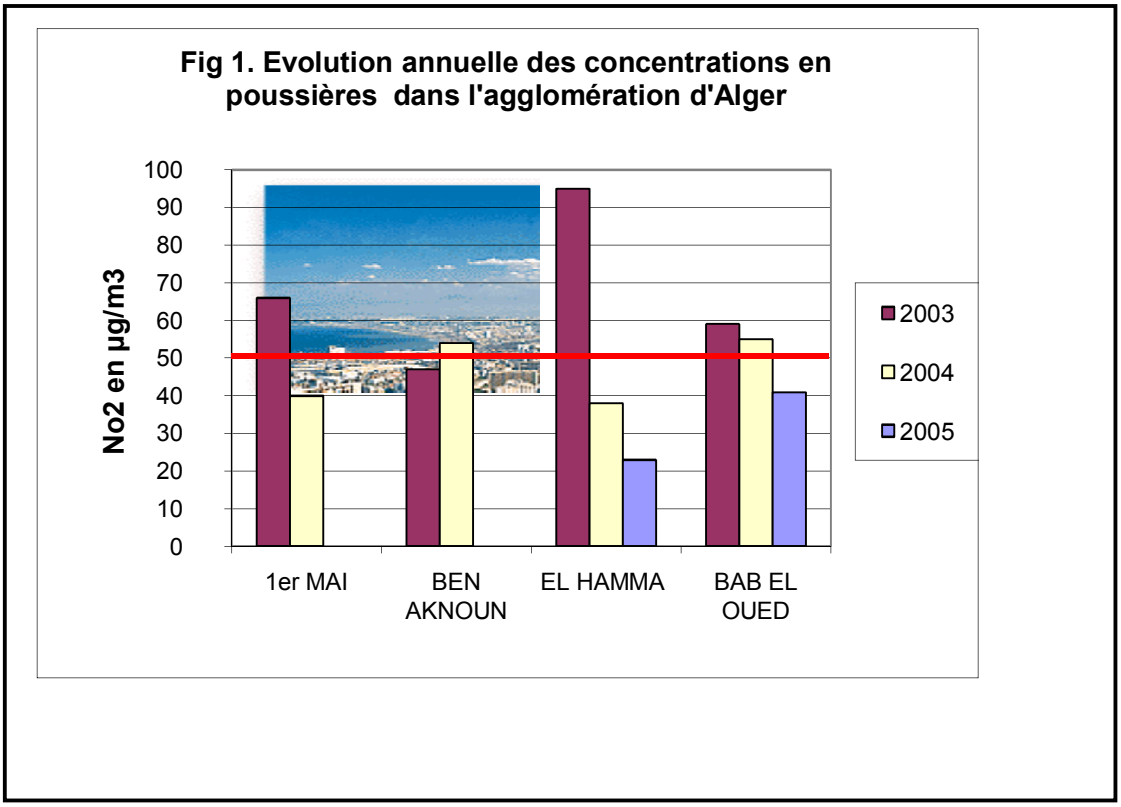
شكل رقم 06 (أ) : وردات الرياح لباب الواد خلال أشهر عام 2008 .



شكل رقم 06 (ب) : وردات الرياح لباب الواد من جويلية إلى نوفمبر من عام 2008 .



شكل رقم 07: تركيز ثاني أكسيد الآزوت في مدينة الجزائر من 2002 إلى 2005 .



شكل رقم 08 : تركيز جزيئات الغبار في مدينة الجزائر من 2003 إلى 2005 .

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع :

1 _ قائمة المصادر والمراجع باللغة العربية :

1.1 _ المصادر :

1 - العلامة ابن خلدون عبد الرحمان المغربي ، كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر في أيام العرب والعجم والبربر ومن عاصرهم من ذوي السلطان الأكبر ، المجلد 7 ، منشورات دار الكتاب اللبناني ، بيروت ، 1968 .

2 _ الإدريسي الشريف ، المغرب العربي من كتاب نزهة المشتاق للإدريسي ، حققه ونقله : محمد حاج صادق ، Edition OPU ، Belgique ، 1983 .

3 _ البكري أبو عبيد الله ، كتاب المسالك والممالك ، حققه : أدريان فان ليوفن ، أندري فيري ، ج 2 ، الدار العربية للكتاب ، تونس ، 1992 .

4 _ الحسن بن محمد الوزان الفاسي ، وصف إفريقيا ، ترجمة : محمد حبجي ، محمد الأخضري ، ج 2 ، ط 2 ، دار الغرب الإسلامي ، لبنان ، 1983 .

5 _ محمد بن ميمون الجزائري ، التحفة المرضية في الدولة البكداشية في بلاد الجزائر المحمية ، تقديم وتحقيق : محمد بن عبد الكريم ، ط 2 ، الشركة الوطنية للنشر والتوزيـــع ، الجزائر ، 1981 .

2.1 _ المراجع :

1 _ أبو غانم عبد الله أحمد ، الجيولوجيا العامة الجزء النظري ، الطبعة الأولى ، دار دجلة المعز للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2007 .

2 _ اشبودان العربي ، مدينة الجزائر تاريخ عاصمة ، ترجمة : جناح مسعود ، دار القصبة للنشر ، الجزائر ، 2007 .

3 _ باشا سعد حسن صالح ، الجيولوجيا العامة والبيئة ، ط 2 ، دار زهران للنشر والتوزيع ، الأردن ، 1996

4 _ بحيري صلاح الدين ، أشكال الأرض ، الطبعة الثانية ، دار الفكر ، دمـــشق ، 2001 .

5 _ بردوكو ماري .ك ، الحفظ في علم الآثار : الطرق والأساليب العلمية لحفظ و ترميم المقتنيات الأثرية ، ترجمة : محمد أحمد الشاعر ، المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة ، المجلد 22 ، مصر ، 2002 .

6 - توراكا جورجيو ، تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية ، ترجمة : أحمد إبراهيم عطية ، ط 1 ، دار الفجر للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 2003 .

7 _ الجيلالي عبد الرحمان ، دراسات وأبحاث – تاريخ المدن الثلاث الجزائر ، لمدية ، مليانة بمناسبة عيدها الألفي – الجزائر ، دت .

8 - حليمي عبد القادر ، مدينة الجزائر نشأتها وتطورها قبل 1830 ، ط 1 ، الجزائر ، 1972 .

9 _ حسن محمد يوسف ، شريف عمر حسين ، النقاش عدنان باقر ، أساسيات علم الجيولوجيا ، مركز الكتب الأردني ، الأردن ، 1998 .

10 _ خضير شعبان كاظم ، الكيمياء الصناعية ، ط 1 ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ، الأردن ، 2000 .

11 _ الخوري يوسف ، موجز البتروغرافيا (علم الصخور) ، المطبعة التعاونية ، دمشق ، 1977 .

12 _ دبورة جورج ، هزار عمران ، المباني الأثرية ترميمها وصيانتها والحفاظ عليها ، المديرية العامة للآثار والمتاحف ، دمشق ، 2005 .

13 _ الريحاوي عبد القادر : المباني التاريخية حمايتها وطرق صيانتها ، دمشق ، 1972.

14 - سرسم جلال بشير ، سعيد عبد العالي ، الموارد الإنشائية ، ط 1 ، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2006 .
15 _ سطاس محمد راتب ، سعود أنوراوس ، مواد البناء واختبارها ، ديوان المطبوعات الجامعية ، الجزائر ، 1992 .

16 _ السعيدوني ناصر الدين ، بوعبدلي الشيخ المهدي ، الجزائر في التاريخ العهد العثماني ، ج 4 ، وزارة الثقافة والسياحة ، المؤسسة الوطنية للكتاب ، الجزائر ، 1984.

17 _ سليماني أحمد ، تاريخ المدن الجزائرية ، دار القصبة ، الجزائر ، 2007 .
18 _ السيد محمود البنا ، المدن التاريخية خطط ترميمها وصيانتها ، ط 1 ، مكتبة زهراء الشرق ، القاهرة ، 2002 .

19 _ شاهين عبد المعز ، طرق صيانة وترميم الآثار و المقتنيات الفنية ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، مصر ، 1993 .

20 _ صفي الدين محمد ، جيومورفولوجية قشرة الأرض ، دار النهضة العربية ، بيـــروت ، 1971 .
21 _ صليب مرفت ثابت ، تأثير المياه الجوفية على المباني الأثرية ، ط 1 ، الدار العالمية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 2008 .
22 _ عطا الله مشيل كامل ، أساسيات الجيولوجيا ، الطبعة الأولى ، دار المسيرة ، عمـــان ، 2000 .
23 _ عمورة عمار ، الجزائر بوابة التاريخ من ما قبل التاريخ إلى 1962 الجزائر خاصة ، الجزء الثاني ، دار المعرفة ، الجزائر ، 2007 .
24 _ قادوس عزت زكي حامد ، علم الحفائر وفن المتاحف ، مطبعة الحضري ، الإسكندرية ، 2005 .

25 _ كرونين ج . أم ، روبنسون و . س : أساسيات ترميم الآثار ، جامعة الملك سعود للمطابع والنشر ، السعودية ، 2006 .

26 - لعروق محمد الهادي ، أطلس الجزائر و العالم ، دار الهدى ، عين مليلة ، دت .

27 _ ليون موريه ، الوجيز في الجيولوجيا ، ترجمة : يوسف الخوري ، عبد الرحمان حميدة ، الطبعة الأولى ، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر ، دمشق ، 1987 .

28 _ المدني أحمد توفيق ، حرب الثلاثمائة سنة بين الجزائر وإسبانيا 1492 – 1792 ، ط 1 ، دار البصائر ، الجزائر ، 2007 .

29 _ محسوب محمد صبري ، مبادئ الجغرافيا الطبيعية ، د ط ، د م ، د ت.

30 _ محسوب محمد صبري ، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية ، د ط ، د م ، د ت .

31 _ محمد عبد الهادي محمد ، مبادئ ترميم وصيانة الآثار غير العضوية ، مكتبة نهضة الشرق ، القاهرة ، 1996 .

32 _ مشرف محمد بن عبد الغني عثمان ، أساسيات علم الأرض الجيولوجيا الفيزيائية ، دار المريخ للنشر ، المملكة العربية السعودية ، 1997 .

33 _ مشرف محمد عبد الغني عثمان ، أسس علم الرسوبيات ، الطبعة الثانية ، مطابع جامعة الملك سعود ، السعودية ، 1997 .

34 - الميلي مبارك بن محمد الهلالي ، تاريخ الجزائر في القديم والحديث ، ج 3 ، مكتبة النهضة الجزائرية ، الجزائر ، 1964.

35 _ واكد خليل إبراهيم ، أسباب انهيار المباني ، طرق الصيانة والترميم ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، مصر ، 1996 .

3.1 _ المعاجم والموسوعات :

1_ غالب عبد الرحيم ، موسوعة العمارة الإسلامية عربي – إنجليزي – فرنسي ، الطبعة الأولى ، جروس برس ، بيروت ، 1988.

2 _ الغنيم عبد الله يوسف ، الموسوعة الجيولوجية ، ج 1 ، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، 1998 .

3 _ الغنيم عبد الله يوسف ، الموسوعة الجيولوجية ، ج 2 ، الطبعة الأولى، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ، الكويت ، 1998 .

4 _ مجمع اللغة العربية ، معجم الجيولوجيا ، الطبعة الثانية ، الهيئة العامة لشؤون المطابع الأميرية ، 1972 .

4.1 _ المجلات والتقارير :

1 _ سنيرز. ر . ف ، دي اينو . ب . ج ، " صيانة الحجر " ، ترجمة : واثق اسماعيل الصباحي ، في : صيانة التراث الحضاري ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، تونس ، 1990.

5.1 _ الرسائل الجامعية :

1 _ راجعي زكية ، إشراف الأستاذ : لعرج عبد العزيز ، مساكن الفحص بمدينة الجزائر في العهد العثماني – دراسة أثرية معمارية وفنية - ، رسالة دكتوراه في الآثار الإسلامية ، معهد الآثار ، الجزائر ، 2007 .

2 _ قائمة المصادر والمراجع باللغة الأجنبية :

1.2 _ المصادر :

1 _ Haido Diego , La vie à Alger les années 1600 , Topographie et histoire général d'Alger , Traduction : D. Monnerreau et A.

Berbrugger , Présentation : Abderrahmane Rebahi , Edition Gallex MLR , Alger , 2004.

2 _ Laugier de Tassy , Histoire du royaume d'Alger , Amsterdam , 1724.

3 _ DR . Shaw , Voyage dans la régence d'Alger ou description géographie , physique , philologique , Traduit d'Anglais par : J .Mac . Carthy , Marlin éditeur , Paris , 1830 .

4 _ Venture de Paradis , Alger au XVIII eme siècles , 2e éditions , édition Bouslama , Tunis , SD .

2.2 _ المراجع :

1 _ Adam Jean Pierre , Dégradation et restauration de l'Architecture Pompéienne , CNRS , Paris , 1983 .

2 _ Albert Carozzi , Edouard Paréjas ; Pétrographie des Roches sédimentaires , Edition du Diffusion dunod ,Paris , 1953.

3 _ André Cailleux ," Les roches " dans : Que sais –je , Presses universitaires de France , Paris , 1952 .

4 _ Beck Kévin , Etude des propriétés hydriques et des mécanisme d'altération de pierres calcaires à forte porosité , Université d'Orléans et CNRS , France , 2006.

5_ Berbrugger Adrien , Notice sur les antiquités d'Alger , L'imprimerie de A . Bourget , Alger , 1845 .

6_ Campy Michel , Macaire Jean- Jacques , Géologie de la surface : Erosion , transfert et stockage dans les environnements continentaux , 2e éd , DUNOD, France , 2003 .

7 _ Cotereau M . J , La maison Mauresque , Collection les chantiers Nord Africains , Alger , Juin 1930 .

8 _ Delamare François , Guineau Bernard , Les matériaux de la couleur , Imprimé par I.M.E , France , 1999.

9_ Devoulex Albert , El Djazir : Histoire d'une cité d'Icosium à Alger , Edition critique : Belkadi Bedredine , Benhamouche Mustapha , ENAG édition , Alger , 2003.

10 _ Domasowski Wieslaw , La conservation préventive de la pierre , Collection Musées et monument , XVIII,UNESCO , Paris , 1992 .

11 _Grandou Pierre , Pastour Paul , Peintures et Vernis : les constituants ; liants , solvants , plastifiants , pigments , colorants , charges , adjuvants, Hermann édition , France , 1966 .

12_ Grandou Pierre , Pastour Paul , Peintures et Vernis : Techniques et industrie , Hermann édition , France , 1966.

13 _ Iniguez Herrero Jaime , Altération des calcaires et des grés utilisés dans la construction , Éditons Eyrolles , Paris , 1967 .

14_ Khalifa AbdErrahmane , Histoire d'ElDjazair Bani Masghanna , éd Dalimen , Alger , 2007.

15_ Lespèse .R , Alger Esquisse de géographie urbaine , Ancienne maison Bastide-Jourdan Jules Carbonel Imprimeur - Libraire – Editeur , Alger , 1925.

16_ Lespès R , Alger : étude de géographie et d'histoire urbaines, collection du centenaire de l'Algérie 1830- 1930 , Librairie félix Alcan , Paris ,SD .

17_ Mamillan Marc , Pathologie et restauration des construction en pierre , Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels , Rome , SD.

18_ Marza I , Recherches pétrographiques sur le tuf de Dej du Nord du bassin de Transylvanie , Roumanie , 1973.

19_ Masclet Pierre , Pollution atmosphérique : Causes ,Conséquences , Solutions , Perspectives , Ellipses édition , Paris , 2005.

20 _ Missoum Sakina , Alger à l'époque Ottomane _ La Medina et la maison traditionnelle , INAS , Alger , 2003 .

21_ Missoum Sakina , Les maisons traditionnels d'Alger à l'époque Ottoman , CDN° 2 , P 5 .

22_ ORGM , Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie Wilaya d'Alger , Edition du service géologique de l'Algérie , Boumerdès , 2000 .

23 _ Philippon J , Jeannette D , Lefevre R.A , La conservation de la pierre monumentale en France , Presses du CNRS , France , SD.

24_ Price C.A , Stone conservation : An overview of current research , GCI , USA , 1996.

25_ Roquebert M.F , Les contaminants biologiques des biens culturels , Imprimerie Bialec SA , France , 2002 .

26_ Rudel Jean , Technique de la peinture , Dans : Que sais – je , 13èmes édition , Presse universitaire de France , France , 1999.

27_ Thijs Laurent , Nettoyage et protection des façades : Nettoyage , Hydrofugation , Antigraffitis , Consolidation , CSTC Centre Urbain , 20 Juin 2007 .

28_Vittone René , Bâtir : Manuel de la construction , Presse polytechniques et universitaires Romandes , 1er éd , Lausanne , 1996 .

3.2 _ قائمة المقالات و التقارير :

1 _ Anciens Combattants Canada , Programme de restauration des cénotaphes / monuments : Lignes directrices en matière de conservation , Canada , 08 Novembre 2005.

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 , SD .

3 _ Arnold Andréas , " Altération et conservation d'œuvres culturelles en matériaux poreux affectés par des sels " , Dans : Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC, Paris , 9-10 Mai 1996.

4 _ Bromblet Philippe , Vieweger Thomas , " Le laser de nettoyage de la pierre et la restauration des sculptures " , Dans : Pierre Actuel , N° 829 , Septembre 2005.

5 _ Caneva Giulia , Salvadori Ornella , " Altération biologique de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation des pierres , N° 16 , UNESCO , Venise , SD .

6 _ Chéné G , Bastian G , Brunjail C , Laurent J . P , " Vieillissement accéléré de blocs de tuffeau en laboratoire sous l'effet de cycles d'imbibition-séchage " , Dans : Matériaux et constructions , Vol 32 , Aoute – septembre 1999 .

7 _ De Witte .E , Dupas M , Peters S , " Dessalement de voutes d'un fumoir de harengs" , Dans :Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC , Paris , 9 – 10 Mai 1996.

8_ L'équipe chargée des sites culturels sensibles du PAC d'Alger (PAP/PAM), Programme d'aménagement côtier (PAC) Zone côtière Algéroise Protection des sites culturels sensibles _ Diagnostic _ , PAP Centre d'Activités Régionales , Juin 2004.

9 _ ICOMOS-ISCS , Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre Version Anglais – Français , Monument et sites XV , France , Septembre 2008.

10 _ Liégey Anne , " Etude pour le dessalement de tablettes cunéiformes en terre crue " , Dans : Le dessalement des matériaux poreux , 7es journées d'études de la SFIIC , Paris , 9 – 10 Mai 1996.

11 _ Lorenzo Lazzarini, " Genès et classification des roches ", dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO , Venise , SD .

12 _ Mertz J.D , Altération des matériaux des patrimoine : Influence des contaminants et de la nature des substrats, 18ème journées scientifiques de l'environnement , LRMH , 03 Mai 2007.

13 _ Napoleone Lucina , " Enduits peints et image de la ville , la récupération des façades peintes de Gênes " , Dans : Couleur et temps la couleur en conservation et restauration , 12es journées d'études de la SFIIC , Paris , 22 – 23 juin 2006.

14 _ ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2004 **, CCN** Alger, 2004.

15 _ ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 2000 **, CCN** Alger, 2000.

16 _ ONM, Résumé annuel du temps en Algérie données de base Année 1996 **, CCN** Alger, 1996 .

17 _ Samasafia , Rapport annuelle 2008 , réseaux de mesuré de la qualité du l'air ,MATET , Alger , 2008 .

18 _ Samasafia , Rapport annuelle 2005 , réseaux de mesuré de la qualité du l'air ,MATET , Alger , 2005 .

19 _ Tabasso Laurenzi , " Traitements de conservation de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation de pierre , N° 16 , UNESCO , Venise , SD .

20 _ Torraca G , " Philosophie générale de la conservation " , Dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO , Venise , SD .

21 _ Torraca G , " L’état actuel des connaissance sur l’altération des pierres : causes et méthodes de traitement " , dans : Matériaux et constructions , Vol 7 , N° 42 , 1974.

22 _ Valot Henri , " A propos des matériaux et de la restauration – dérestauration des peintures murales " , Dans :Les anciennes restaurations en peintures murales , Journées d’études de la SFIIC , France , 25-27 Mars 1993.

23 _ Vasco Fassina , " Pollution atmosphérique et altération de la pierre " , Dans : La dégradation et la conservation de la pierre , N°16 , UNESCO, Venise , SD .

24_ Vieweger T , Verges- Belmin V , " Consolidation et injection de coulis sur les Tuffeaux altérés : Pratiques actuelles , expérimentations de terrain a Tours , perspectives " , Dans : Monuments historiques et environnement , Recherche Franco – Allemandes sur la conservation de la pierre et du vitrail 1988 – 1996 , CNRS , France , 1997.

3_ مواقع الإنترنيت :

1 _ http://www.google.com/Travertin .

2 _ Google maps .

الفهرس

الفهرس

الشكر
الإهداء
قائمة المختصرات
قائمة المصطلحات
المقدمة

الجانب النظري
الفصل الأول : حجارة الطوف والطلاء

تمهيد ..... ص 20
I _ حجارة الطوف ..... ص 21
1 _ تعريف الصخور ..... ص 21
2 _ تصنيف الصخور ..... ص 21
1.2 _ الصخور البركانية ..... ص 22
_ الصخور الحمضية ..... ص 23
_ الصخور القاعدية ..... ص 23
_ الصخور المعتدلة ..... ص 23
2.2 _ الصخور الرسوبية ..... ص 23
_ صخور رسوبية ذات نشأة حطامية ..... ص 24
_ صخور رسوبية ذات نشأة عضوية ..... ص 24
_ صخور رسوبية ذات نشأة كيميائية ..... ص 24
3.2 _ الصخور المتحولة ..... ص 25
_ التحول الحراري ..... ص 25
_ التحول الاحتكاكي ..... ص 25
_ التحول بالضغط ..... ص 25
3 _ أنواع صخور الطوف ..... ص 26
1.3 _ الطوف البركاني ..... ص 26
1.1.3 _ أنواع الطوف البركاني ..... ص 27
1.1.1.3 _ الطوف الزجاجي ..... ص 27
2.1.1.3 _ الطوف البلوري ..... ص 27
3.1.1.3 _ الطوف الصخري ..... ص 28
2.1.3 _ التركيبة الكيميائية والمعدنية ..... ص 28
3.1.3 _ طريقة تشكله ..... ص 28
2.3 _ الطوف الرسوبي ..... ص 29
1.2.3 _ التركيبة الكيميائية والمعدنية ..... ص 29
2.2.3 _ أنواع الطوف الرسوبي ..... ص 29

1.2.2.3 _ الطوف ..... ص 30
2.2.2.3 _ الترافرتين ..... ص 31
3.2.2.3 _ الصواعد والنوازل ..... ص 31
4.2.2.3 _ الطفو ..... ص 32
3.2.3 _ طريقة تشكله ..... ص 33
4 _ الخصائص الميكانيكية و الفيزيوكيميائية للحجارة ..... ص 34
1.4 _ التركيبة الطبقية ..... ص 34
2.4 _ المسامية ..... ص 35
3.4 _ النفاذية ..... ص 35
4.4 _ الذوبان في الماء ..... ص 36
5.4 _ قوة التحمل الميكانيكي ..... ص 36
6.4 _ التوصيل الحراري ..... ص 37
7.4 _ التمدد الحراري ..... ص 37
8.4 _ الصلابة ..... ص 38
5 _ استعمالات حجارة الطوف ..... ص 38
6 _ محاجر الطوف ..... ص 39
II _ الطلاء ..... ص 40
1 _ تعريف الطلاء ..... ص 40
2 _ مكونات الطلاء ..... ص 40
1.2 _ الرابط أو الحامل ..... ص 40
2.2 _ المذيب ..... ص 40
3.2 _ المخففات ..... ص 41
4.2 _ المجففات ..... ص 41
5.2 _ الأصبغة ..... ص 42
6.2 _ المواد المضافة ..... ص 42
3 _ أنواع الطلاء ..... ص 43
1.3 _ الطلاء الجيري ..... ص 43
2.3 _ الطلاءات الزيتية ..... ص 43
3.3 _ الطلاءات المائية ..... ص 43
4.3 _ الطلاءات المستحلبة ..... ص 44
5.3 _ الورنيش أو البرنيق ..... ص 44
1.5.3 _ الورنيش الزيتي ..... ص 45
2.5.3 _ الورنيش الكحولي ..... ص 45
6.3 _ الطلاءات التمييعية ..... ص 45

7.3 _ الطلاءات المضادة للماء ..... ص 46
4 _ استعمالات الطلاء ..... ص 46
5 _ دور الطلاء ..... ص 47
6 _ عوامل تلف الطلاء ..... ص 48
1.6 _ نوعية الطلاء ..... ص 48
2.6 _ الماء ..... ص 48
1.2.6 _ سمك الطلاء ..... ص 49
2.2.6 _ المذيب المستعمل في الطلاء ..... ص 49
3.2.6 _ الأصباغ ..... ص 50
3.6 _ المذيبات ..... ص 50
4.6 _ المواد الكيميائية ..... ص 50
5.6 _ الأشعة الضوئية ..... ص 50
6.6 _ تغيرات درجة الحرارة ..... ص 51
7.6 _ الكشط ..... ص 51
8.6 _ الكائنات الحية ..... ص 52
7 _ مظاهر ونتائج التلف ..... ص 52
1.7 _ فقدان التماسك والالتصاق ..... ص 53
2.7 _ التشقق و التجزع ..... ص 53
3.7 _ تغير اللون ..... ص 54
4.7 _ فقدان اللمعان والبريق ..... ص 54
الخلاصة ..... ص 55

الفصل الثاني : تلف حجارة الطوف وصيانتها

تمهيد ..... ص 58
1 _ التلف ..... ص 59
1.1 _ عوامل التلف ..... ص 59
1.1.1 _ عوامل التلف الداخلية ..... ص 59
❖ المسامية ..... ص 60
❖ التركيبة الطبقية ..... ص 60
❖ التركيبة الكيميائية والمعدنية ..... ص 60
❖ التدهور الأولي ..... ص 61
2.1.1 _ العوامل الخارجية ..... ص 61
1.2.1.1 _ العوامل الفيزيوكيميائية ..... ص 62
❖ الماء ..... ص 62
✓ مياه الأمطار والثلوج ..... ص 62

✓ الرطوبة ..... ص 63
✓ مياه الرشح والنشع ..... ص 64
✓ المياه نتيجة الأنشطة البشرية ..... ص 65
✓ رذاذ البحر ..... ص 65
❖ تغيرات درجة الحرارة ..... ص 65
❖ الأملاح ..... ص 66
❖ التلوث الجوي ..... ص 67
2.2.1.1 _ العوامل الميكانيكية ..... ص 70
❖ الحمولات الميكانيكية ..... ص 70
❖ الرياح والعواصف ..... ص 70
❖ الاهتزازات والزلازل ..... ص 72
3.2.1.1 _ العوامل البيولوجية ..... ص 72
❖ النباتات ..... ص 73
❖ الكائنات الحية المجهرية ..... ص 73
✓ البكتيريا والفطريات ..... ص 73
✓ الطحالب ..... ص 75
✓ الأشنات ..... ص 76
❖ الحيوانات ..... ص 77
4.2.1.1 _ العوامل البشرية ..... ص 78
❖ الحرائق ..... ص 78
❖ الحروب ..... ص 78
❖ أعمال الهدم والتدمير ..... ص 79
_ أعمال غير منظمة ..... ص 79
_ أعمال منظمة ..... ص 79
❖ الترميمات الخاطئة ..... ص 79
2.1 _ مظاهر ونتائج التلف ..... ص 80
1.2.1 _ تشقق الحجارة وانكسارها ..... ص 80
2.2.1 _ التقشر والتصفح ..... ص 81
3.2.1 _ التفتت ..... ص 82
4.2.1 _ القشور أو الترسبات السوداء ..... ص 83
5.2.1 _ تزهر الأملاح ..... ص 83
6.2.1 _ تغير اللون ..... ص 84
2 _ الصيانة ..... ص 85
1.2 _ التنظيف ..... ص 86

1.1.2 _ التنظيف الميكانيكي ..... ص 87
1.1.1.2 _ رذاذ الماء ..... ص 87
2.1.1.2 _ طريقة الدفع بالرمل ..... ص 88
_ الدفع بالرمل الرطب ..... ص 88
_ الدفع بالرمل الجاف ..... ص 88
3.1.1.2 _ طريقة تيار الهواء مع الحبيبات الدقيقة ..... ص 88
4.1.1.2 _ التنظيف اليدوي ..... ص 89
5.1.1.2 _ الكمدات الممتصة ..... ص 90
6.1.1.2 _ التنظيف بالليزر ..... ص 91
7.1.1.2 _ التنظيف باستعمال الموجات فوق الصوتية ..... ص 91
2.1.2 _ التنظيف الكيميائي ..... ص 92
2.2 _ إزالة الأملاح ..... ص 93
1.2.2 _ إزالة الأملاح القابلة للذوبان ..... ص 93
2.2.2 _ إزالة الأملاح غير القابلة للذوبان أو القليلة الذوبان ..... ص 94
3.2 _ التقوية ..... ص 95
1.3.2 _ طرق التقوية ..... ص 97
1.1.3.2 _ التشبيع ..... ص 97
_ التشبيع بالغمر ..... ص 97
_ تقنية الغطاء الورقي ..... ص 97
2.1.3.2 _ التقوية بواسطة خلخلة الهواء ..... ص 98
3.1.3.2 _ الحقن ..... ص 98
2.3.2 _ أهم المواد الكيميائية المستخدمة في التقوية ..... ص 98
1.2.3.2 _ المقويات غير العضوية ..... ص 98
_ حليب الجير ..... ص 98
_ هيدروكسيد الباريوم ..... ص 99
2.2.3.2 _ المقويات العضوية ..... ص 99
❖ راتينجات الثرموبلاستيك (تتلين بالحرارة) ..... ص 99
_ الراتينجات الأكريليكية ..... ص 100
_ أسيتات البولي فنيل ..... ص 100
❖ الراتينجات المتصلبة بالحرارة ..... ص 100
_ الراتينجات الإيبوكسيدية ..... ص 101
❖ السليكونات ..... ص 101
2.4 _ الحماية ..... ص 102
1.2.4 _ الطلاء أو التكسية ..... ص 102

2.4.2 _ الحماية من العوامل البيولوجية ..... ص 103
3.4.2 _ التدعيم بنظام الصقالات ..... ص 104
3 _ عمليات الترميم ..... ص 105
1.3 _ سد الشقوق ..... ص 105
2.3 _ لصق الحجارة المكسورة .....ص 108
الخلاصة .....ص 110

الفصل الثالث : حالة مباني القصبة

تمهيد ..... ص 113
1 _ الإطار الجغرافي والمناخي .....ص 114
1.1 _ الموقع الجغرافي .....ص 114
2.1 _ الموقع الفلكي .....ص 116
3.1 _ المناخ .....ص 116
1.3.1 _ الرطوبة ..... ص 116
2.3.1 _ تساقط الأمطار .....ص 118
3.3.1 _ الحرارة .....ص 120
4.3.1 _ الرياح ..... ص 122
5.3.1 _ الظواهر الطبيعية ..... ص 124
2 _ طبوغرافية مدينة الجزائر .....ص 125
3 _ جيولوجية مدينة الجزائر ..... ص 127
4 _ أصل تسمية المدينة ..... ص 132
5 _ الدراسة التاريخية للمدينة .....ص 133
1.5 _ الفترة الفينيقية ..... ص 133
2.5 _ الفترة الرومانية ..... ص 134
3.5 _ الفترة الوندالية والبيزنطية ..... ص 134
4.5 _ الفترة الإسلامية ..... ص 135
5.5 _ الفترة العثمانية .....ص 136
_ امتداد المدينة ..... ص 137
6.5 _ فترة الاحتلال الفرنسي ..... ص 139
6 _ الهندسة المعمارية لمنازل القصبة ..... ص 139
1.6 _ مواد وتقنيات البناء .....ص 144
1.1.6 _ مواد البناء ..... ص 144
2.1.6 _ تقنيات البناء ..... ص 145
1.2.1.6 _ تقنية بناء الجدران ..... ص 146
2.2.1.6 _ تقنية بناء أرضية الطوابق والأسطح ..... ص 147

3.2.1.6 _ تقنية بناء العقود ..... ص 148
2.6 _ أطر الأبواب ..... ص 149
3.6 _ الأعمدة ..... ص 150
7 _ تشخيص حالة مباني القصبة ..... ص 150
1.7 _ العوامل المسببة في تلف مباني القصبة .....ص 151
1.1.7 _ الرطوبة ..... ص 151
2.1.7 _ تغيرات درجة الحرارة .....ص 151
3.1.7 _ الأملاح ..... ص 152
4.1.7 _ الكوارث الطبيعية .....ص 152
_ الزلازل .....ص 152
_ الفيضانات ..... ص 153
_ الرياح ..... ص 153
5.1.7 _ التلوث .....ص 154
6.1.7 _ النباتات .....ص 155
7.17 _ الطحالب .....ص 155
8.1.7 _ العامل البشري .....ص 156
_ الحروب ..... ص 156
_ التدخلات والترميمات السيئة ..... ص 157
2.7 _ مظاهر ونتائج التلف ..... ص 158
1.2.7 _ التشقق في الحجارة والجدران ..... ص 158
2.2.7 _ فقدان أجزاء من الحجارة ..... ص 159
3.2.7 _ تغير اللون ..... ص 159
4.2.7 _ تزهر الأملاح ..... ص 160
5.2.7 _ تفتت حجارة الطوف وتآكلها ..... ص 160
6.2.7 _ تشكل الطبقات والترسبات ..... ص 161
7.2.7 _ تقشر الطلاء .....ص 161
الخلاصة ..... ص 162

الجانب التطبيقي

الفصل الرابع : الأعمال المخبرية والتطبيقية

تمهيد .....ص 166
1 _ التحاليل المخبرية .....ص 167
1.1_ اختيار العينات ..... ص 167
2.1 _ التحاليل المعدنية ..... ص 169
3.1 _ التحاليل الكيميائية ..... ص 170

4.1 _ الخصائص الفيزيائية ..... ص 171
1.4.1 _ الخصائص الفيزيائية بالطرق الكلاسيكية ..... ص 171
1.1.4.1 _ امتصاص الماء ..... ص 171
_ الطريقة الأولى ..... ص 172
_ الطريقة الثانية ..... ص 173
2.1.4.1 _ الكتلة الحجمية الظاهرية ..... ص 174
_ الطريقة الأولى ..... ص 175
_ الطريقة الثانية ..... ص 176
3.1.4.1 _ الكتلة الخصوصية ..... ص 176
_ الخطوات المتبعة ..... ص 177
4.1.4.1 _ المسامية ..... ص 179
_ المسامية المفتوحة ..... ص 180
5.1.4.1 _ الصدم الحراري ..... ص 181
2.4.1 _ الخصائص الفيزيائية بالطرق الحديثة ..... ص 183
1.2.4.1 _ الخصائص الفيزيائية باستعمال AccuPyc 1330 ..... ص 183
2.2.4.1 _ الخصائص الفيزيائية باستعمال GeoPyc 1360 ..... ص 183
5.1 _ التوزعة المسامية باستعمال Porosimètre à mercure ..... ص 184
6.1 _ تأثير الرطوبة ..... ص 185
_ خطوات العمل ..... ص 186
7.1 _ دور الطلاء ..... ص 188
8.1 _ تأثير الأحماض والقواعد على حجارة الطوف ..... ص 192
9.1 _ قياس الرطوبة والحرارة بجهاز thermohygro-bouton ..... ص 193
1.9.1 _ تعريف الجهاز ..... ص 193
2.9.1 _ وضع الأجهزة في الموقع ..... ص 194
2 _ تحليل النتائج ..... ص 200
الخلاصة ..... ص 204
الخاتمة ..... ص 206
ملحق التحاليل ..... ص 212
ملحق الأشكال ..... ص 229
قائمة المصادر والمراجع ..... ص 236
الفهرس ..... ص 249