الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الجزائـر-2- معهد الآثـار

شهـادة دكتــوراه العلوم لنيل أطروحة

وترميـم صيانـة تخصص

دراسة الملاط الأثري وتشكيل التركيبات لترميم معالم ملاكوو حصن بوسكارين

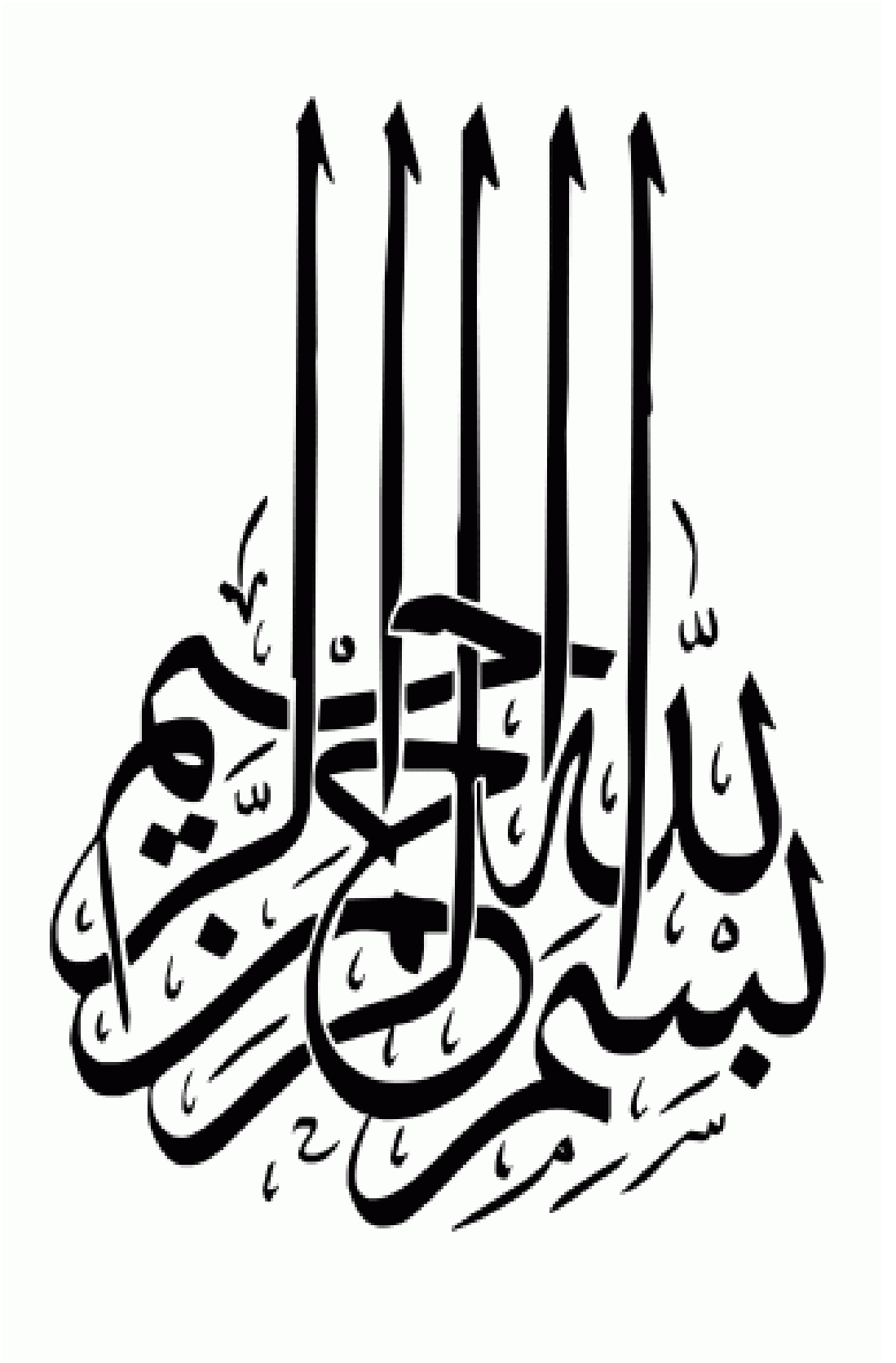
Study Mortar The archaeologist And formation Installations To restore site Milaku and Fort Buscarin

إعداد الطالبة

بن أحمد رانية

الاسم واللقب	الرتبــة	الصفــة	الجامعة الأصلية
أ.د/عمروس فريدة	رئيسـا	أستاذة التعليم العالي	جامعة الجزائر2
أ.د/ بوخنوف أرزقي	مشرفا و مقررا	أستاذ التعليم العالي	جامعة الجزائر2
د/ بلعيبود بدرالدين	ممتحنـا	أستاذ محاضر-أ-	جامعة الجزائر2
د/ربعيــن أعمــر	ممتحنـا	أستاذ محاضر-أ-	جامعة الجزائر2
د/ لبتــرقـــادة	ممتحنـا	أستاذ محاضر-أ-	جامعة تلمسان
د/خلاف رفيق	ممتحنـا	أستاذ محاضر-أ-	جامعة تيبازة

السنة الجامعية: 2023/2022م


بسم الله الرحمن الرحيم

إهداء

أهدي هذا العمل إلى أغلى إنسان في الوجود إلى روح أبي الطاهرة..... رحمـــك الله وطيب ثراك في جنان النعيم أبـــي الحبيب..... الذي طالما شجعني ووجهني بفضله لما وصلت إلى ما أنا عليه...

إلى من ساندتني في صلاتها و دعائها ..... إلى من سهرت الليالي تنير دربي.

إلى من تشاركني أفراحي و آساتي ..... إلى نبع العطـف و الحنان إلى أجمل ابتسامة في حياتي، إلى أروع امرأة في الوجود : أمي الغالية.

إلى أبي الثاني الذي ساندني ووجهني عمي نـوار.

إلـى زوجـي الغالـي الذي ساندني طوال رحلة البحث

وابنتي الغاليـة .

إلى إخـــــــوتي الأحبـــاء.

أهدي هذا البحث إلى كل طالب علم يسعى لكسب المعرفة و تزويد رصيده المعرفي العلمي والثقافي، وإلى كل من يعمل في ميدان الآثار عامة، وكل من له اهتمام في ميدان الصيانة والترميم خاصة.

شكر

"يَرْفَعِ اللهُ الذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ
وَالذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِير"

صدق الله العظيم

سورة المجادلة أية11

أتقدم واخص بالشكر والتقدير والشكر والعرفان بعد الله سبحانه وتعالى في إنجاز هذا البحث وإخراجه بالصورة المرجوة؛ إلى أستاذي المشرف الدكتور" بوخنوف أرزقي، كما أتفضل بالشكر للأستاذة الدكتورة" عمروس فريدة" على رئاسة اللجنة، وأيضا الدكاترة الممتحنين " بلعيبود بدر الدين"، "ربعين أعمر"، "خلاف رفيق"، "لبتر قادة" على قبولهم تقييم هذا البحث.

و لا أملك أن أقول لهم في هذا المقال إلا " جزاكم الله و أبقاكم منبع نور للعلم و طلابه."

كما أنني مدينة بالشكر والثناء إلى كل من: السيد: "شنتير فريد" مدير الحماية القانونية للممتلكات الثقافية وتثمين التراث الثقافي الذي ساعدني في تسهيل مهمتي في أخذ العينات من حصن بوسكارين.... السيد "كمال ستيتي" مدير الديوان الوطني للحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي لتسهيل لي مهمة البحث.....السيد: "العيد بورزق" المستشار الثقافي بالديوان، و السيد: "ياسين رابية" ملحق بالحفظ بالديوان.....، والمهندس المعماري السيد: "بن ميلود علي" لتوجيهاته القيمة، كما أتوجه بالشكر إلى مدير كلية البيولوجيا بجامعة الجلفة "زيان عاشور" على استقبالهم ومساعدتهم والسماح لي بالعمل داخل المخبر....، و أخص بالشكر الجزيل إلى الدكتور "قاسيمي

محمد" الذي وجهني داخل المخبر .....كما لا أنسى الآنسة "زينب مخطاري" المسؤولة عن المخبر، و أشكر أيضا رزيق عبد الرحيم طالب دكتوراه بجامعة بني مسوس، وأخيرا أود أن أشكر كلا من الدكتور "نوري قسمية" رئيس قسم الفنون بجامعة الجلفة والدكتور"نوري النعاس" رئيس قسم كلية السياسة والإعلام بجامعة الجلفة على توجيهاتهما لي .

قائمـــــة

المصطلحـــات

-A-	
Acetone	أستـــون
Acidique	حامضـــــي
Acide Oxalique	حامــض الأكساليك
Adjuvant	مـــادة مضافـــة
Adhésion	تمـــاسك
Agnégat	مـــادة مالئـــــة
Alcalin	قلـــوي
Alcool	كحـــول
Aménager	تهيئـــــــة
Argile	طيـــــن
-B-	
Basique	قاعـــــدي
Béton	إسمنت
Brique	الآجر
brique réfractaire	آجر مقاوم
-C-	
Cailloux	حصـــى
Capillarite	الخاصيـــة الشعريـــــة
Carbonatation	كربنـــــــة
Chamotte	الفخـــار المهـــروس
Calcaire	كلـــــس
Calcination	تكلس/احتـــراق
Chlorhydrique	كلوريدريـــك
Chaux	الجيـــــــر
Chaux aérienne	جيـــر هوائـــــي
Chaux Eteinte	جيـــر مطـــفأ
Chaux hydraulique	جيـــر مائـــي
Chaux Vive	جيــر حـــــي
Citrique	حامــض الستــريك

Conservation	الصيانة
Conservation Préventive	الصيانة الوقائية
Compatibilité d’interventions	انسجام التدخلات
Condensation	تكاثف
Consolidation	تقوية
Corrosion	تآكل
Cristallisation	تبلور
Colonne	عمـــود
Cintres	قوالب
Consolidation	دعم
-D-	
Densité	الكثافـــة
Décollement	انفصـــال
Dégradation	تـــــلف
Dépôts	ترسبـــات
Dérestauration	إزالـــــة الترميـــم
Désagrégation	تفتت
Digressant	المثبتـــات
Dalles de pierre	رصف الحجـــارة
-E-	
Efflorescence	تزهـــر
Enduit	دهـــــان
Enregistrement des interventions	تسجيـل التدخـــلات
Examen Daignastic	الفحص التشخيصـــي
Extinction	إطفـــــــاء
Evacuations	مســـربات
Etancher	تمسيـــك
Etais	أسنـــــاد
-F-	
Fondations	أســـــاس
-G-	

Gâchage	التـــذويب
Gargouille	مـــزراب
Gonflement	انتفـــاخ
Granulométrie	أبعـــاد الحبيبـات
Gravier	حصبـــــاء
Grés	كـــلس
Gypse	جبـــس
-H-	
Habilitation	تأهيـــــل
Houille	فحـــم حجـــري
Hourder	رضـــم
Hydraulicité	إمـــــاهة
-I-	
Industrie lithique	صناعـــة حجريـــة
Intervention Minimum	الحـد الأدنـــى للتدخـــل
-J-	
Joints	وصـــــلات
-L-	
Liant	مـــادة لاحمـــة
Lichens	أشنـــات
Lividité des interventions	وضـــوح التدخـلات
-M-	
Meurtrière	مزغـــل (جمع مزاغـل)
Moellon	دبـــش
Mortier	مـــلاط
Mousse	طحالب
Mur porteur	جـدار الحامـــل
-O-	
Oxydation	أكســـــدة

-P-	
Pénétration	نفاذيـــــة
Pierre de taille	حجــر مصقـــول
Plâtre	جـــــص
Polymère	بوليميـــــر
Porosité	المساميـــــة
Poutre	عارضـــــة
Préservation	حفـــــظ
Prise	القبـــض
-R-	
Remblai	ردم
Résine	راتينـــج
Restauration	الترميـــــم
Retrait	الإنكمـــــاش
Réversibilité des intervention	إنعكاسيـــة التدخـــلات
Retranchement	حصـــــن
Revetment	تلبيـــــس
Roches eruptives	صخــور رسوبيـــــة
-S-	
Serum	مصـــــل
Silice	سيليـــــس
Souffre	كبـــريت
Stuc	حجـــر جصـــي
Sulfate	ســـــولفات
-T-	
Tailler	صقـــــل
Tassement	تكـــــدس
-V-	
Viscosité	اللزوجـــــة

قائمـــــة المختصرات:

الرمـــــز	المقصـــود بـــه
د.س	دون سنة النشر
د.ن	دون دار النشر
د.م	دون مكان النشر
د.ط	دون طبعة
د. مؤ	دون مؤلف
ص	صفحة
ص ص	صفحتان فأكثر
ط	طبعة
مج	مجلد
ع	عدد
Revue Africaine	Rev .Afr

مقدمـــــــة

مقدمـــــــــة

تُعد المعالم والمواقع الأثرية مرآة عاكسة لماضي الشعوب، فهي تعبر عن المستوى الحضاري، فلقد أغنت تراث الإنسان وهي دليل على مستواه الفكري والروحي والاجتماعي والاقتصادي، اِستعمل المعماري منذ القديم مواد بناء متعددة ومختلفة باختلاف الأزمنة والعصور وكذا البيئات لأن كل بيئة لها مناخ خاص بها وبالتالي مواد تميزها.

تعتبر مواد البناء من المؤشرات الأساسية لقيام المعالم الأثرية، اِستعملها الإنسان عبر العصور وظلت متماسكة وقائمة، لتعكس لنا تاريخ الحضارات التي قام بإنجازها الإنسان.

فإذ كانت الحجارة من بين أهم هذه المواد وأكثرها مقاومة للزمن، فالملاط هي المادة الرابطة لها وبالتالي توفر لنا هياكل ملتحمة تقاوم الزمن لقرون عدة ثم تتلاشى تدريجيا تحت تأثير بيئتها الخارجية التي تساهم في إضعاف خصائصه الفيزيوكيمائية والميكانيكية.

ومن هذا المنطلق جاء موضوعنا الذي يحمل عنوان: **دراسة الملاط الأثري وتشكيل التركيبات لترميم معالم ملاكو وحصن بوسكارين،** والذي يتضمن دراسة المواد المشكلة للملاط وتأثُرها بالمناخ الخارجي لذلك ارتأيت اختيار عينات من الملاط من مناخين مختلفين وإجراء مقارنة بين الحالتين، ملاط أثري موجود في موقع ملاكو (بترا قديما) ببجاية وحصن بوسكارين بالأغواط، والتي من خلالها تم وضع منهجية لتحديد نوع الملاط المستعمل في البناء وكذا المواد المكونة له وتأثره بالمناخ ودراسة كل أنواع التلف التي تعرض لها، والتي من خلالها سيتم التطرق إلى عمليات العلاج وكيفية الحفظ وفق مقاييس علمية.

إشكالية البحث:

يعتبر الملاط المادة الرابطة بين مواد البناء المختلفة (الحجارة والآجر ...الخ)، ولهذا فان أهمية وجوده تحددها المتغيرات التركيبية له والبيئة والمحيط التي يخضع لها، كما

أنه يلعب دورا أساسيا في حماية وحفظ المباني الأثرية، باعتباره خطا دفاعيا ضد عوامل التلف، إذن كيف يمكن تحديد تشكيل تركيبات الملاط الأثري المستخدم في بناء حصن بوسكارين وموقع ملاكو(بترا قديما)، وما مدى تأثر الملاط بالبيئة الخارجية، والأضرار التي تسببها له؟ وقد دفعتنا هذه الإشكالية لطرح عدة تساؤلات فرعية وهي:

- كيف هي الأوضاع الراهنة للملاط وحالة حفظه ؟
- ما هي ميكانيزمات وآليات تلف الملاط الأثري في كل وسط "وسط جاف وأخر رطب"؟
- هل للمناخ دور في اختلاف عمليات تلف مواد البناء؟
- هل تُطَبَقْ عمليات التنظيف والعلاج بنفس الطرق والمواد في المناخين المختلفين؟
- هل هناك مظاهر تلف مشتركة في الوسطين المختلفين؟ وهل تطبق عليها نفس طرق ومواد العلاج؟

ودوافع اختيارنا لهذا الموضوع فهي تتمحور تحديد تشكيل تركيبات الملاط الأثري المستخدم في بناء حصن بوسكارين وموقع ملاكو من خلال إجراء اختبارات مخبرية، ومعرفة مدى تأثر الملاط بالبيئة الخارجية، والأضرار التي تسببها له.

ولعل أهم دافع لاختيارنا لهذا الموضوع هو الاختلاف في البيئة والمناخ وعلى الرغم من اختلاف الحقب الزمنية للموقعين إلا أن دراستنا هذه تمحورت أساسا على دراسة مواد البناء وتقنيات البناء وأيضا تراكيز تشكيل الملاط في كل منطقة على حدا (الساحلية والصحراوية)، وعلى الرغم من هذا الاختلاف حاولت أن أقدم مظاهر التلف المشتركة والاختلاف في المناخ وما مدى تأثيره على اختيار المواد الأولية ودراسة تقنيات البناء وأساليبها يبين لنا مدى تأثر كل منطقة بالبيئة المحيطة بها.

بالإضافة إلى تثمين و إبراز كلا من موقع ملاكو باعتباره مشروع اكتشاف جديد لا يزال قيد الدراسة والتحليل، وأيضا حصن بوسكارين الذي لم ينل حظه من الدراسة

والتحليل، والتعرف على العوامل التي أثرت على النمط المعماري في كل منطقة على حدا "المناخ الجاف والمناخ الرطب"، وكذلك التعرف على المشاكل التي تعاني منها.

كما يجب إجراء الدراسات المتخصصة لتقييم حالة المنشآت الأثرية المقترحة للدراسة و تحديد أسلوب الترميم، و يشمل ذلك إجراء الاختبارات الحقلية و المعملية اللازمة لتقييم حالة المنشأ وسلوكه، وإبرازه ومحاولة توثيق جانب منه.

بما أن الترميم عملية ضرورية للحفاظ على الإرث التاريخي، فقد توجب علينا التعمق في دراسة وسائل وأساليب وتقنيات الترميم المتبعة محليا وتقييمها، ومن هنا تظهر أهمية هذه الدراسة التي تتمثل في الأمور التالية:

- معرفة المشاكل الناتجة عن الأساليب والتقنيات المتبعة حاليًا ليكون دافعًا لوضع الحلول المناسبة لمواجهة هذه المشاكل وتجاوزها.
- التركيز على مشاكل الأساليب والتقنيات الحالية ومحاولة إيجاد الحل.
- توفير قاعدة معلوماتية حول تقييم أساليب وتقنيات الترميم المتبعة.
- إعداد منهج آليات مشروع الترميم والحفاظ على المباني الأثرية.
- التعرف على كيفية ترميم المنشآت التاريخية وتقييمها.

الدراسات السابقة:

حسب علمنا و ما أتيح لنا فإنه لا توجد رسائل أو أطروحات في هذا الموضوع على مستوى معهد الآثار باستثناء بعض الدراسات التي تناولت دراسة الملاط بدراسة مختلفة انصبت موضوعاتها في دراسات لأنواع الملاط واستعمالاته وخصائصه ولعل أبرزها:

دراسة الطالبة: معماش سعدية، الملاط ودوره في المباني التاريخية والمعالم الأثرية "دراسة حالة قلعة ايكجان"، في تخصص الصيانة والترميم للسنة الجامعية: 2009-2010.

دراسة الطالبة: شابلي فاهمة، دراسة خصائص الملاط الأثري وتشكيل تركيبة جديدة للترميم"برج حمزة نموذجا"، في تخصص الصيانة والترميم للسنة الجامعية 2010-2011.

وعلى الرغم من قلة هذه الدراسات وندرتها والنقائص المتعددة إلا أنها تبقى مدخلا مهما لهذا المجال الذي يبقى فعلا مجالا بكرا ويحتاج إلى المزيد من الدراسات.

مراجع البحث:

و قد استعنا في هذا البحث في الجانب النظري بمجموعة من المراجع والمقالات والدراسات، ومن بين المراجع التي اعتمدنا عليها والتي لها علاقة مباشرة بموضوع البحث نذكر أهمها:

- Ammien Marcellin, **histoire**, T3 traduire ,Lourdet, Librairies Broyset, Paris,1777, XXIX, 5.2 .
- Ecole d'Avignon, **Technique et pratique de la chaux,** 2eme édition, Eyrolles, Paris, 2003.
- George Torraca, **Matériaux de construction Poreux** , Science de Matériaux pour la conservation architecturale, traduit de l'original anglais par Mattéo (G.Di), édition ICCROM , Rome ,1986.
- Gsell(S), **«observation géographique sur la révolte de Firmus»**, R.S.A.C., N°36, 1902.
- Tauxier(H), **« récite de l'histoire d'Afrique le conte Romanus** », R.AFR, N°, 19, 1890.
- Berducou (M.), **La conservation en archéologie**, Ed. Masson, Paris, 1990.
- Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Bilan partiel de fouille du site archéologique de Mlakou, antique petra (Bejaia)**», Actes du 2 ème colloque National Intitulé: **« Rôle de la recherche scientifique dans la conservation du patrimoine Archéologique** », N 14, Chlef le 12-13 Avril 2016.

منهجية الدراسة:

وللإجابة على هذه التساؤلات السالفة الذكر، سيتم وضع منهجية تقوم على جانبين من خلاله سنعتمد على جمع المادة العلمية التي لها علاقة مباشرة والتي تخدم موضوعنا، من خلال مراجع علمية متخصصة، تضم المعلومات النظرية المتعلقة بموضوع الحفظ المعماري والترميم والمفاهيم المتعلقة في هذا المجال، و تاريخ ظهور هذه المواد، ومراحل تطورها، ومكوناتها، خصائصها، عوامل التدهور وكيفية العلاج والحفظ.

ومن جانب آخر والذي يعتمد على العمل الميداني من خلال المواقع، سأقوم بدراسة كل موقع على حدا، وإتباع المنهج التحليلي الوصفي وعمل الدراسات الميدانية والتصوير الفوتوغرافي، للحصول على المعلومات والبيانات حول التقنيات المتبعة في الحفاظ والترميم والتي تشمل، عمليات التوثيق الدراسة والبحث لكل حالة، إضافة إلى ذلك العمل المخبري والذي يتضمن الدراسة العلمية للمادة، والتحليل من خلال مكوناتها وخصائصها الكيميائية والفيزيوكميائية وهذا وفق معايير متبعة، أولها أخذ العينات من الموقعين تقسيمها وإجراء لها فحوصات شاملة واختبارات، وهذا قصد تعيين طبيعة مادة الأثر وطريقة تصنيعه الفنية و التكنولوجية، بالإضافة إلى الخواص الفيزيائية والكيميائية لها، و التي تساعد في معرفة التركيبة الكيميائية والمعدنية للمواد لمعرفة المواد التي استخدمت في ترميم الأثر سابقا، أو لمعرفة مدى تماسك عناصر الأثر وسلامة مكوناته، وإذا كانت مادته مجهولة قبل عملية التوثيق يتم إدراج المادة بعد معرفتها بواسطة التحاليل في أوراق ومحاضر التوثيق الأثري.

وعلى هذا الأساس سيتم تقسيم البحث إلى خمسة فصول.

الفصـــل الأول وهو عبارة عن فصل تمهيدي نتطرق فيه إلى الجانب الجغرافي ودراسة المناخ، وأيضا الجانب التاريخي والمعماري إلى كلا من: الموقع الأثري "ملاكو" بمدينة بجاية و"حصن بوسكارين" بمدينة الأغواط، أما الفصـــل الثـــاني سيتم فيه تحديد المواد المستعملة، كيفية تشكيل الصخور وأنواعها، و تحديد أنماط الحجارة الأثرية المستعملة في البناء، المواد الداخلة في تركيباتها، كيفية استعمالاتها وتهيئتها، ونستدرج فيه حوصلة عامة

حول الملاط، تاريخ ظهوره، مراحل تطوره، تركيبات الملاط، خواصه، دوره، استعمالاته، أما الفصـــل الثـــالث فخصصته لدراسة عوامل التلف سواء كانت داخلية أو خارجية، ليتم من خلالها استخلاص اختلاف نتائج التدهور و تحديد أنواع التلف في كل منطقة على حدا مع طرح أوجه الاختلاف والشبه لتقيم حالة الملاط، من خلال حالة الوسط الذي استعملت فيه لمعرفة مدى تأثير المناخ عليه، لأن اختلاف أنواع التلف ينتج عنه اختلاف في كيفية العلاج والمواد المستعملة، بعدها تأتي عمليات التدخل والسبل الناجعة والمواد المساعدة للتدخلات، بدءا من عمليات التنظيف باستعمال المحاليل الكيميائي
وصولا إلى التقوية باستعمال الملاط لسد الثغرات، ثم انتقلت إلى الفصل الرابع ليشمل التحليل المخبري وفحص المواد المشكلة للملاط الأثري لموقع ملاكو و حصن بوسكارين، من خلال أخذ عينات من الملاط، ودراستها دراسة معمقة من حيث تحديد تشكيل تركيبات الملاط المستعمل و ما مدى قدرة تحملها من خلال إجراء عدة تحاليل مخبرية.

وفي الفصل الخامس والأخير قمت بتحليـل نتائج الاختبارات المخبريـة، وهذا من أجل تشخيص أوضح للعوامل المسببة لتلف الملاط وفهم آلية تدهوره، وأيضا اقتـــراح تركيبات تشكيـل المـــلاط في المعلمين لتحديد نسب المواد المشكلة له، من أجل عمليات

الفصل الأول

دراسة تاريخية ومنوغرافية للمواقع

تمهيـــد:

تساهم الطبيعة في التأثير الكبير على النظام الحياتي واليومي للإنسان باعتباره مكونا من مكونات النظام البيئي الذي بحكم علاقته مع البيئة وخضوعه لعامل التأثـــر و محاولات التأقلم، أنتج رصيدا متنوعا تنوع تقاسيم الحياة اليومية و المعتقدات الفكرية و حتى الخلفيات و التعاملات.

إن اختلاف المناخ يؤدي إلى اختلاف أشكال الحياة على سطح الأرض حتى تصبح نظاما بيئيا صالحا ليعيش فيه الإنسان والحيوان والنبات في علاقة متكاملة ومتوازنة، و المناخ هو حالة الجو في مكان معين، من حيث الحرارة والضغط الجوي والرياح و الأمطار لفترة زمنية طويلة قد تكون شهرا أو فصلا أو سنة.

I. حصـــن بوسكارين:

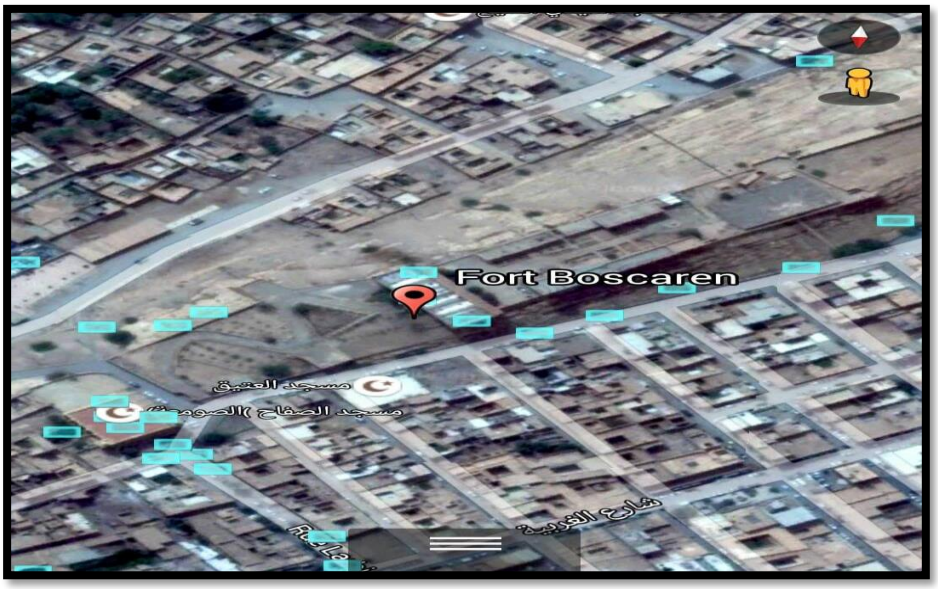
تميزت مدينة الأغواط في الفترة الاستعمارية بطابعها العسكري وهذا ما تبينه لنا حصونها و أسوارها و أبوابها الضخمة والتي يصعب اجتيازها، ومن أبرز المعالم العسكرية والتي لا تزال شاهدة وقائمة إلى يومنا هذا وتشغل حيزا مهما في قلب المدينة القديمة وخير شاهد على ذلك وهو حصن بوسكارين.

1. المـــوقع الجغرافي:

يقع حصن بوسكارين على إحدى القمم الغربية لجبل تيزقرارين"tizi Grarine"، في مركز مدينة الأغواط بين الواحة الشمالية والواحة الجنوبية، وهذا ما يجعل موقعه مميزا لأنه يسمح بمراقبة المدينة، يمكن الوصول إليه عبر طريق منعرج

مخصص للسيارات وسلالم مخصصة للمشاة[1]. يتميز الحصن بطابعه التحصيني الدفاعي وبضخامة هيكله وسيطرته على البيئة المحيطة به فهو مكون من أربعة أجنحة حول فناء يحتوي على بئر تتجمع مياه الأمطار فيه، حيث يوجد في القسم الجنوبي منه قبر الجنرال بوسكارين، كما أحيط القسم الغربي من الحصن بسور به مزاغل وطبانات من أجل المراقبة والدفاع[2]، أما في الجهة الغربية فيوجد خزان للمياه، يمد جزءا كبيرا من المدينة بالمياه، وإلى جانبه النفق الذي يربط الحصن بأسوار وأبواب المدينة القديمة، كما يحتوي الحصن على ضريح الجنرال بوسكارين الذي قُتل هناك أثناء اجتياح القوات الفرنسية للأغواط سنة 1852م والذي يحمل اسمه لحد الآن.

كما يشغل الجهة الغربية أيضا سور به مزاغل من أجل المراقبة وعلى مدخل الحصن توجد ساحة «Miss Develle Edith» التي أنشئت في 12 أكتوبر1915م.[3].



الصورة (1): صورة جوية لموقع حصن بوسكارين (Google Earth)

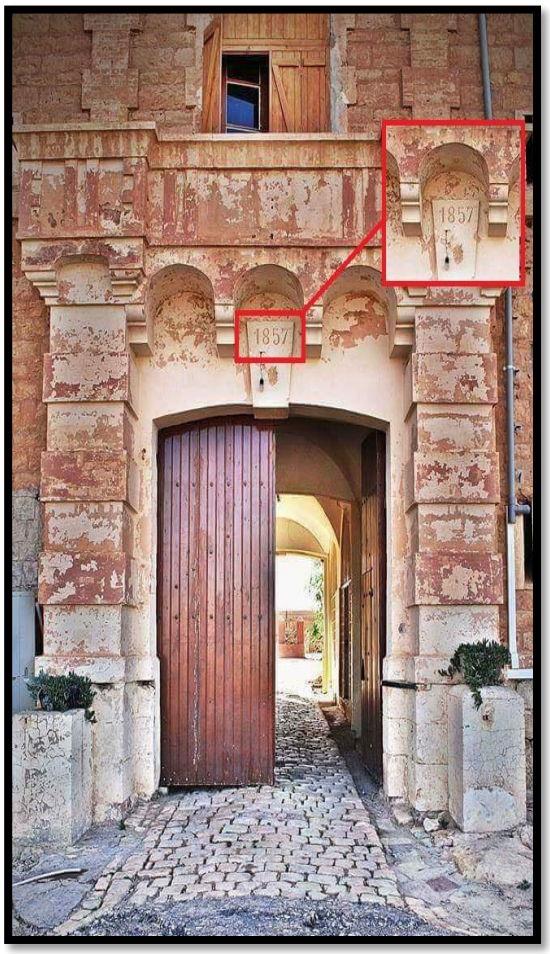
[1] - Du Barail, (Cl), **Mes Souvenirs**, TOME II -(1851-1864),dix -huitième édition, 2eme Volume,plon - nourrit imprimeurs éditeurs, Paris, 1913, P34.

[2] - Hamlaoui(A**), l'histoire des ksour de la région de Laghouat**, Ministre de la culture, Alger, 2004, P 270.

[3]- Du Barail, (Cl), **Op.,Cit**, P34.

2. نبـــذة تاريخيـــــة:

كانت الأغواط القديمة معروفة بتحصيناتها وقلاعها الدفاعية الشامخة والتي طالما دافعت بواسطتها عن المدينة، وكان البرج الغربي من أحصن القلاع وأحسنها موقعا، حتى إن أول جنرال فرنسي قتل من أعالي هذا البرج وبعد احتلال الأغواط كان البرج الغربي ضحية التعمير الاستعماري فهدم ضمن معالم أخرى وبني على أنقاض البرج الحالي وذلك سنة 1857م كما هو منحوت على نصب تذكاري بمدخل القلعة[4].



الصورة (2): مدخل حصن بوسكارين في أعلى البوابة توجد سنة التأسيس

عرف الحصن بعدة أسماء وهي البرج الغربي و المستشفى القديم، وكان أول اِسم له هو قلعة بوسكارين fort « bouscaren » نسبة لاسم الجنرال الفرنسي الذي لقي حتفه في مقاومة مدينة الأغواط إبان الدخول الفرنسي للأغواط في 4 ديسمبر 1852م [5].

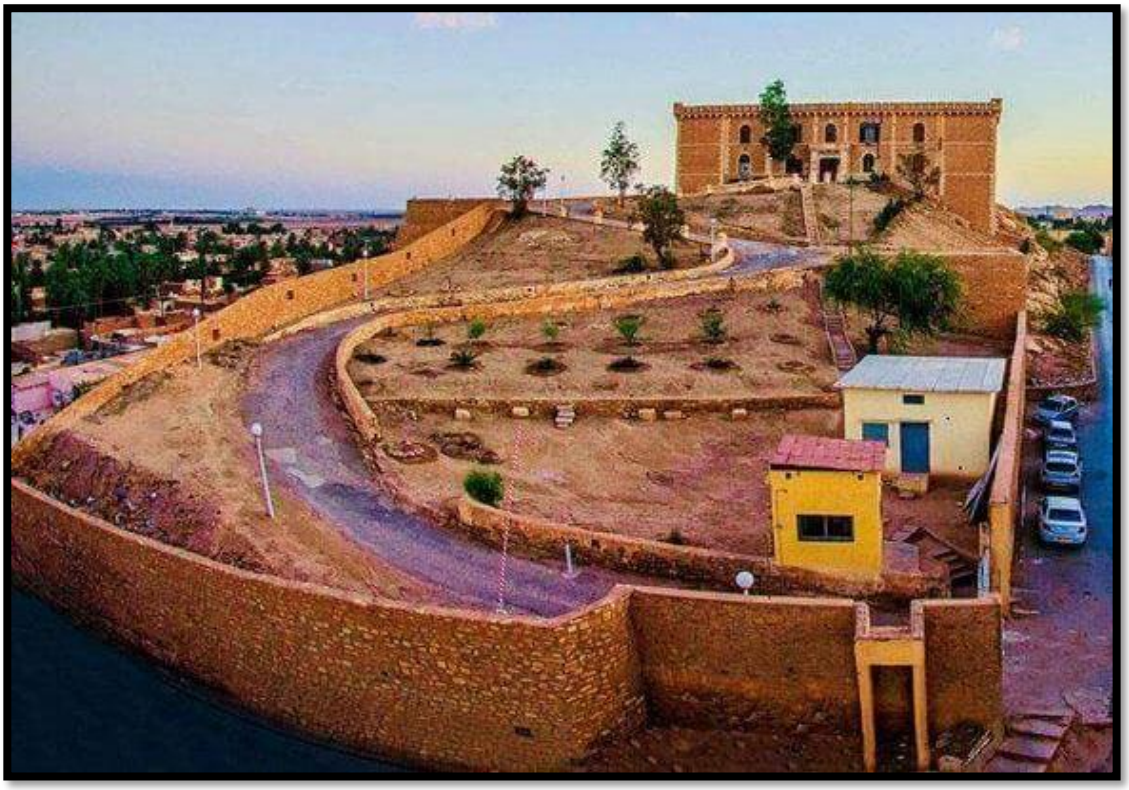
كما يعتبر إرثا حضاريا وهو مرتبط بأحداث كبيرة مرت على المنطقة، باعتباره شاهدا حيا على المقاومة الشعبية لمدينة الأغواط وهذا بالإضافة إلى موقعة المميز في مركز القصر القديم.

---

[4] - Kazi Hadj Mohamed, **Laghouat dignité et fierté pour l'éternité imprimerie de Rouighi**, Laghouat, 2017, P 153.

[5] - زيارة ميدانية لديوان الحظيرة الوطنية للأطلس الصحراوي، 2019.

صنف حصن بوسكارين كمحطة سياحية بموجب المرسوم 1950/11/27م، عرف الحصن عدة تغييرات في وظائفه فأستعمل كثكنة عسكرية وبعد ذلك مستشفى عسكري، ثم مقرا لشركة البناء الوطنية (D.N.C)، أما حاليا فهو مقر الحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي، والتي جاء تعريفها في نص المادة 2 من الفصل الأول، الفرع الأول من الجريدة الرسمية، العدد3: "تعد الحظيرة الثقافية في مفهوم القانون رقم 98 - 04 المؤرخ في 20 صفر عام 1419 الموافق لـ 15يونيو سنة 1998م و المتعلق بحماية التراث الثقافي فضاء لا يميز بين الطبيعي والثقافي، يلاحظ ويدرك من منظور بيئي وثقافي كأداة ثقافية ومنجز جماعي في إعادة تشكيل مستمر، منتج تاريخي للعلاقات المشتركة بين السكان ونشاطاتهم وتصوراتهم الذهنية والبيئة التي يتقاسمونها[6]".



الصورة (3):منظر عام للحصن (عن الديوان الوطني للحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي)

[6]- الجريدة الرسمية، **اتفاقات دولية، قوانين، ومراسيم، قرارات وآراء، مقررات، مناشير، إعلانات وبلاغات،** العدد3، الأربعاء 20 ربيع الأول 1435هـ الموافق لـ: 22 يناير 2014، الجزائر، ص22.

3. مميزات حصن بوسكارين:

- الموقع الإستراتيجي الذي يتميز به من الجانب التاريخي والجغرافي من حيث تمركزه في أحد الأحياء العريقة بمدينة الأغواط.
- عمارته التي تتميز بالتنوع وشساعة مساحته و التي يمكن أن تستوعب وظائف عامة و متعددة.
- وجوده على إحدى قمم جبل تيزقرارين حيث يمكن أن يُرى من كل أنحاء المدينة.

4. دراسة منوغرافية للحصن:

الحصون عرفها ابن منظور فقال: "الحصون مفردها حصن حَصُنَ المكان يحصن حصانة فهو حصين منع، و أحصنه صاحبه وحصنه، والحصن كل موضع حصين لا يوصل إلى مكان ما في جوفه، والجمع حصون وحصن وحصين من الحصانة وحَصنتُ القرية إذا بنيت حولها، وتحصن العدو"[7]، كما عرفت أنها عبارة عن مباني حصينة تميزت ببنائها العالي، و أبوابها الضخمة محكمة الإغلاق الأمر الذي يجعل صعب اقتحامها[8]. وأيضا عُرف بأنه: المكان ونحوه: صار منيعا قويا "يحصن البلد ويعلو شأنه برجاله[9]".

يحتوي حصن بوسكارين على أربعة أجنحة موزعة حول فناء يوجد في القسم الجنوبي قبر الجنرال بوسكارين كما أحيط القسم الغربي من الحصن بسور فيه

---

[7]- ابن المنظور جمال الدين، **لسان العرب**، المجلد 14، دار صادر، بيروت، 2000م، ص 27.

[8] -غومة سالم أبو القاسم محمد، **تطور المؤسسة العسكرية في دولتي المرابطين والموحدين في الفترة من(451-668هـ/1059-1269م)**، رسالة ماجستير في التاريخ الإسلامي، قسم العمل الاجتماعي، جامعة الفتح، ليبيا، 2003-2004م، ص44.

[9]- مختار أحمد عمر، **معجم اللغة العربية المعاصرة**، مج1، ط1، عالم الكتب للنشر والتوزيع، القاهرة، 2008، ص 509.

مزاغل وطبنات من أجل المراقبة والدفاع تتكون الأجنحة من غرف لتخزين العتاد العسكري ولإقامة الضباط.

يُعد حصن بوسكارين أكبر حصن تم تشيده المستعمر زود بأبراج مراقبة وبني على مرتفع إضافة إلى علوه والذي من خلاله يتم مراقبة المدينة، كما نلاحظ أن طريقة إنشاءه خضعت للطابع الكلاسيكي من خلال البوابات والتي تشبه أقواس النصر الرومانية.

- **الجنـــاح الأول:**

مستطيل الشكل يشغل مساحة قدرها 765 متر مربع و هو أكبر المباني المشكلة للحصن وأكثرهم جمالا و أثراهم فنيا، يتكون من قبو وطابقين، يتميز بمدخل ضخم يعلوه قوس محدب (Arc bombé) من الحجر المصقول (Pierre Taillée) وزين أعلى المدخل بكورنيش، يتكون المبنى من قسمين متناظرين يربط بينهما ممر من خلاله تنفذ إلى فناء الحصن، وكل قسم منتظم حول الممر الذي يؤدي إلى الفضاءات المكونة للمبنى.

القسم الأيمن من المبنى يحتوي على أدرج تؤدي إلى الطابق الأول ويتميز بشرفة على طول المبنى مفتوحة على الفناء، يتميز بموقعه في مدخل الحصن وبتنظيمه الفراغي الذي يتضمن ممرات على جانبيها حيزات متجانسة ومتساوية المساحة تقريبا.

- **الجنـــاح الثاني**:

هذا الجناح أيضا مستطيل الشكل مستطيل، ذو مساحة 315 متر مربع يتألف من طابقين مع الأروقة يتم الانتقال من الطابق الأرضي إلى الأول عن طريق السلالم الخارجية، يتميز هذا الجناح بمساحته المهمة وفضاءاته الواسعة المتصلة .

- **الجنـــاح الثالث:**

شكله مستطيل يحتل مساحة 196 متر مربع يتكون من طابق أرضي فقط، هذا الجناح نوعا ما منعزل عن بقية الأجنحة مما يوفر جوا هادئا حوله وداخله

- **الجنـــاح الرابع:**

شكله مستطيل و يشغل مساحة 346 متر مربع تتكون من طابقين مع الأروقة، هذا الجناح به حيزات واسعة يتقدمها أروقة مقنطرة.

- **خزان الميـــاه:** يتميز الخزان بمساحته الواسعة وموقعه مقابل الفناء.

الصورة(4): تبين الجناح 1 المطل على الفناء.

5- القيمة المعمارية لحصن بوسكارين:

إن ما يميز حصن بوسكارين تركيبته المعمارية فهو مشكل من أربعة مباني متماثلة تقريبا، يحتوي معظمها على أروقة و أقواس، يتقدمها المبنى الرئيسي للحصن ويقابله في الجهة الغربية خزان المياه ذو المساحة الواسعة، وكل هذه المباني منظمة حول فناء واسع، إن هذه التركيبة التي تشبه تنظيم منازل المدينة

القديمة حيث تنظم حول فناء أو حوش الذي يؤدي دوره كمنظم وموزع للحركة ومكان للتلاقي داخل المنزل، فنفس الشيء لحصن بوسكارين والمباني المحيطة به توفر مكانا للتلاقي وتبادل الأفكار ونشر الفكر والمعرفة وهذا ما يؤكد النزعة والميول الثقافي للحصن وتوافق مبانيه وتركيبته المعمارية ليستضيف وظائف ذات طابع ثقافي يمتاز بالثراء والتنوع[10].

II . الموقــع الأثـــــري لملاكـــو(بترا قديما):

يُعد الموقع الجغرافي للمدن الساحلية المتواجدة على الشريط الساحلي الجنوبي الأثر الأول في نشأة التواصلات التجارية والبحرية[11] ولقد كانت صالداي (بجاية حاليا)، قبل الاجتياح الروماني لشمال إفريقيا محطة فينيقية[12]، نستنتج من خلال ما سبق أن البيئة الساحلية لها الخاصية التي تميزها عن البيئة الصحراوية كونها تمتلك مكان استراتيجي يسمح له بالتبادلات التجارية وبالتالي جلب مواد البناء من أمكنة مختلفة لاسيما التمازج الحضاري الذي جعلها تأخذ من تقنيات بناء وفق نمط أوروبي، وهذا ما نجده في الموقع الروماني ملاكو (بترا قديما).

1. الموقــع الجغرافــي:

يقع الموقع الأثري لملاكو (بترا) في مدينة بجاية بلدية صدوق على بعد 7 كم غرب مقر البلدية، يربطها الطريق الولائي رقم 141، والطريق الوطني رقم 26 باتجاه شرق مدينة آقبو وعلى بعد 8 كم وبالضبط على هضبة تطل على مجرى

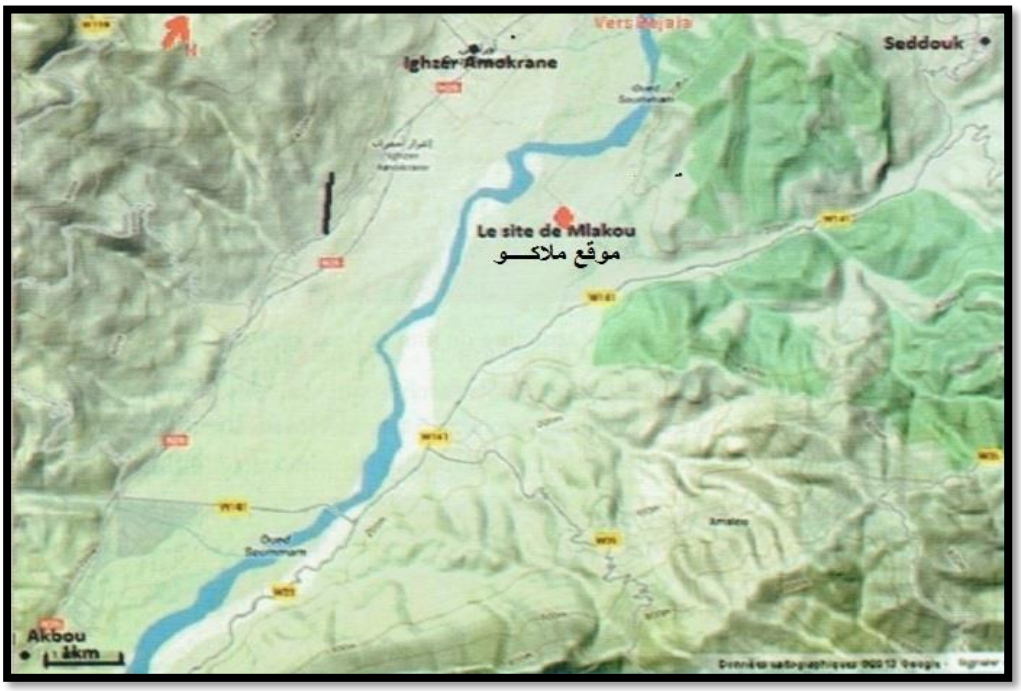
---

[10]- شتيح عز الدين، **إعادة توظيف المعالم التاريخية (بناء الأمس/وظيفة اليوم) حالة دراسية حصن بوسكارين الأغواط**، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص حفظ التراث المعماري، جامعة منتوري، قسنطينة' 2010-2011،، ص ص 202-203.

[11]- Gabriel Beroux, **civilisation de la Méditerranée**;Presses universitaires de France,paris,1974,p 6.

[12] - Salama (P.), **Les voies romaines de l'Afrique du nord**, Preface de Louis Leschi, S.A.M.A., Alger, 1951, pp 43-44.

وادي الصومام ذات ارتفاع 157م، في ضفته اليمنى، وتمثل هذه الهضبة جزء من ممتلكات زراعية تابعة لزاوية سيدي أحمد أويحيى لبلدية أمالو[13].



الخريطة(1): مكان الموقع الأثري ملاكـــو[14].

[13] - مطوية الحفرية الأثرية لملاكو، (بترا قديما)، ولاية بجاية، 2015، (غير مرقمة).

[14] - Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Note sur le Site de Mlakou (Petra)(Wilaya de Bejaia)** », Revue Scientifique Annuelle d'Archéologie et du Patrimoine Publiée par l'institut d'archéologie – Université Alger 2,N11, 2014, P 38.

***- سماك**: ابن" نوبل " من إحدى خليلاته، ارتبط مع الكونت الروماني "رومينوس "الذي أقام معه علاقة صداقة قوية مما شكل خوفا عند أبناء نوبل من تقديم" سماك"عليهم في الزعامة ليتم اغتياله في ظروف غامضة لينتج عن ذلك صراعات دامية أنظر:

Tauxier(H), **« récite de l'histoire d'Afrique le conte Romanus** », R.AFR, N°, 19, 1890, pp. 202-203.

***- فيرموس**: ولد فيرموس fIRMUS الأمازيغي في شمال أفريقيا وبالضبط في نوميديا (الجزائر). وهو ابن رجل موري أفريقي مسيحي اسمه نوبيل ، وكان فيرموس شابا فتيا بالغا فضلا عن كونه قائدا شجاعا احتك كثيرا بالجيش الروماني، وتعرف عن قرب عن مؤهلاته القتالية والهجومية والدفاعية. وتعني كلمة فيرموس في الإيطالية القوي الشجاع. وكان لفيرموس أخوان هما :جيلدون Gildon الذي عينه قائدا في جيشه، وسماك Sammmaque الذي أعدمه فيرموس. أنظر: محمد محيي الدين المشرفي، **أفريقيا الشمالية في العصر القديم**، الطبعة الرابعة، دار الكتب العربية، 1969م، ص 98.

2. لمحـــة تاريخيـــة:

يحتضن هذا الموقع إقامة سماك*، أحد أبناء الملك نوبيل (Nubel) التي هدمت خلال الخلاف الذي دار بينه وبين أخيه فيرموس* في أواخر القرن الرابع للميلاد، عائلة نوبيل تعد من بين الأسر العريقة التي وصفتها المصادر بالملكية (Regulis)، التي كانت تسيطر على منطقة واسعة من موريطانيا تبدأ من جبال البيبان إلى نهر الشلف، وتحوز ضياعا شاسعة وتراقب منافذ وداي "الصومام " و"يسر "و"أوزيا " ووادي الشلف[15]، وكان نوبيل يحتل وضعا هاما في حضن المقاطعة، فهو الملك الأكثر تأثيرا على القبائل المورية[16] ويحتمل أنه مات في حوالي سنة 370 م، وأنه كان مسيحيا وقد بنى كنيسة على شرف "القديس لاكروا [17](St Croix).

ثار خلاف حول الخلافة بين أبناء" نوبيل "بعد وفاته، خصوصا ما بين " فيرموس "الابن البكر و "سماك" الذي كان يقيم في منطقة "ميلاكو" (Milakou) على الضفة الغربية من وادي ساحل في الجوف الغربي من"تيكلاتليت Tiklat " (Tupusuctu حيث تسمية تكلات هي التسمية الحالية وتوبوسكتو وهي التسمية الحالية)، وشيد في تلك المنطقة قصرا يسمى "فوندوس بيترنسيس" (Fundus Petrensus) ليتوسع حوله البناء حتى صار مدينة وأقام" فيرموس "بقصر أبيه بالثنية[18] .

وكان" فيرموس" قد استقر في الصومعة وأستقر أخوه "سماك" في قصره الحصين الذي شيد على تلال تمثل ملتقى أودية بالثنية، حيث يحتل منطقة تبين

---

[15] - Decret(F) et Fantar (M), **l'Afrique du Nord dans l'antiquité, histoire et civilisation des origines au V eme siècle**, Payot ,Paris,1981,p.334.

[16] - Jean-Pierre Laporte, **les armées romaines et la révolte de Firmus en Maurétanie césarienne, in l'armée romaine de Dioclétien à Valentinien1er**, Diffusion de Bocccard , Paris, 2004, p. 282.

[17] - Ammien Marcellin, **histoire**, T3 traduire ,Lourdet, Librairies Broyset, Paris,1777, XXIX, XXIX, 5.

[18] -Decret(F) et Fantar (M), **op-cit**, p .334.

بوضوح أن" نوبل "كان يقوم بحراسة ممر يهم الرومان[19]، سمى هذا القصر " فيرا"، وكان كبيرا و كأنه مدينة حسب رواية "أميان مرسلان"[20].

وبدأ الصراع بين أبناء" نوبيل "حول الإرث الذي تركه لهم والدهم وبالأخص الحكم، وهو الذي كان من أقوى الملوك المورية واختار"رومانوس "صف" سماك " الطامح إلى وراثة حكم أبيه ويعتقد بأنه الزعيم الشرعي لذلك[21] فثار" فيرموس" ضد هذا الحلف، وقتل أخاه" سماك".[22]

يكشف الموقع الأثري عن بعض أسراره عقب أشغال التنقيب التي أجرتها بعثتين سنة 2014، ولم يبق اليوم من إنجازات تلك العصور سوى أجزاء جدران من الحصى والحجر الكلسي تتحدى الزمن وسط النباتات البرية، وهي شاهد عن وجود أسوار وبنايات تتربّع على مساحة قدّرت بأكثر من هكتارين حسب الفريق الأثري المكلف، إضافة إلى بعض التجويفات الجديرة بالاهتمام، وبقيت هذه التجاويف حسب شهادة السكان مزارا يأتيه الناس من أجل دعوة الأولياء الصالحين، وهي معتقدات شعبية راسخة في المنطقة قد تعود إلى ممارسات ثقافية قديمة .

أمّا المشرفون على الموقع فمقتنعون بأنّ «أثار الهدم» وبروز جزء من الجدار أثناء أعمال الحفريات الأولى، تؤكّد أنّ المكان هو فعلا الموقع الذي هدّم خلال حملة القائد الروماني تيودوز ضد فيرموس والقبائل المتحالفة معه (370-372م)، وإضافة إلى كشف النقاب عن مكان تواجد الموقع، عثر الأثريون على قطع من الأثاث والعملات ولوازم الزراعة وجزء من المقبرة، إلا أنه لم يعط توضيحات أكثر عن هذه الاكتشافات .

---

[19]-Gsell(S), **«observation géographique sur la révolte de Firmus»**, R.S.A.C., N°36, 1902, p.30.

[20] -Ammien Mercellin, XXIX,5.

[21] -Jean-Pierre Laporte, **op-cit**., p.283.

[22] -Ammien Marcellin, XXVIII, 5,2.

هذه النتائج التي توصل إليها علماء الآثار في موقع بترا، ستسمح بكتابة صفحة من تاريخ الجزائر الذي لا نعرف عنه الكثير باستثناء ما كتبه «المنتصرون» و يمكن لأسرار بترا العتيقة أن تقدّم معلومات مهمة عن أسباب ثورة الأمير التي لا تزال نزاعاته الانفصالية محلّ نقاش من قبل المؤرّخين، ويؤكّد أحد المختصين مستشهدا بالمؤرخ الفرنسي شارل أندري جوليان، أنّ إعادة تشكيل ملحمة ابن نوبل يمكن أن يفيد بخصوص إرادة في إقامة دولة مؤسّسة في الجزائر العتيقة بين القرنين الثاني والرابع[23] .

لم يخف سكان ملاكو سعادتهم وافتخارهم بما يجري في قريتهم ويستعدون من الآن لإعادة تسمية محلاتهم بأسماء عتيقة، كما يحلمون أن بالقيمة الإضافية التي يمكن أن يمنحها هذا الاكتشاف للسياحة في المنطقة خاصة أنّه يقع قرب مكان حظي بمشروع ذي هيكلة تحتية هامة .

للإشارة، كانت (بترا) التي دمّرت من طرف الجنرال الروماني تيودوس خلال حملة عسكرية ضدّ فيرموس، إقامة لسماك، ابن نوبل، والتي كانت بحجم مدينة، حسب المؤرخ الروماني، أميان مارسلان، وتمّ اكتشاف الموقع سنة 1901م من قبل المؤرّخ والأثري الفرنسي ستيفان غزيل بعد العثور بأغزر أمقران (قرب بترا) على نقيشة حجرية، تشير إلى تأسيس سماك قلعة تعلو جبلا، تطلّ على وادي الصومام، لتبقى شاهدة على وفائه لروما، وهذه القطعة الأثرية هي اليوم معروضة في المتحف الوطني للآثار القديمة في الجزائر العاصمة، وقد دمرت بترا التي يقدمها الأثريون على أنها «مقر الإقامة والحكم بالمنطقة» بعد أن قتل فيرموس أخاه سماك، حيث ثار ضد سلطة الإمبراطور الفلنتيني، ويصف غزيل خلال ما دوّنه حول نقوش أغزر أمقران حصنا يحكم من الجهة الشمالية الواقعة بين وادي

---

[23] - المطوية الخاصة بالحفرية لسنة 2014 من إعداد فريق الحفرية.

أنظر أيضا : مجلة المساء اليومية، 2015. أنظر الرابط الإلكتروني :

http://elmassar-ar.com/ara/permalink/41339.html?print#ixzz4uqoJibta

صدوق ووادي ساحل (الصومام) وآثارا حائطية وأعمدة ما تزال محفوظة، بالإضافة إلى صخور تحمل حروفا لاتينية ورسومات.

وتظهر اليوم من هذه الإقامة بعض الأسوار والآثار التي يحتمل أن تكون بقايا حائط أو بناية في مساحة قدرت بأكثر من هكتارين.

من جهة أخرى، يرى أثريون من جامعة الجزائر أنّ وصف غزيل للموقع «مختلف جدا» عما هو عليه أثناء حفريات عام 2014 م، مما يفسر حجم الخراب الذي أصابها[24].

3. تعريف المـوقع من خـلال المصـادر:

يعرف الموقع الأثري لملاكو في مصدرين، الأول للمؤرخ اللاتيني أميان مرسلان*، وذلك عندما صاحب هذا الكاتب القائد الروماني تيودوس بجيشه عام 372 م الذي قدم من مدينة ليون بفرنسا فحط رحاله بميناء جيجل، وبتدعيم من الجيش الروماني الإفريقي وضع قواعد انطلاق حملاته في حوض الصومام في تبوسبتو -تكلات حاليا- وكان هدف حملاته هو إنهاء مقاومة الملك فيرموس التي قادها مع بعض إخوته اللذين انتفضوا ضد الرومان في عدة مناطق من موريطانيا القيصرية[25].

---

[24] - مجلة المساء اليومية، 2015. أنظر الرابط الإلكتروني :
http://elmassar-ar.com/ara/permalink/41339.html?print#ixzz4uqoJibta

*- **أميان مارسلان:** من أصل إغريقي و من عائلة غنية اكتسبت ثروتها من فلاحة الحبوب، ولد حوالي سنة 330م في إحدى المدن الكبيرة التابعة للإمبراطورية الرومانية وهي مدينة **أنتيوش** بسورية، في سنة 350م انضم إلى فرق النخبة لحراسة الإمبراطور، ثم أنتدب إلى فرقة الخيالة، وترقى في الرتب داخل الجيش الروماني، وعمل في مناطق مختلفة، غاليا 356م وفارس 357م، وعمل إلى جانب الإمبراطور "جوليان" سنة 361م وبوفاة هذا الأخيرفي سنة 363م ، ترك الجيش وعاد إلى موطن مولده بسوريا وليقوم بعدها بعديد من الرحلات إلى اليونان ومصر وتراقيا قبل أن يستقر بروما وبقى وفيا للجيش الروماني، ترك مجموعة من التآليف استقاها من مصادر عصره. أنظر:

EUGEN Cizek, **Histoire et Historiens à Rome dans l'antiquité**, Presses universitaires, Lyon, 1993, p 305.

وصف الكاتب الموقع أنه قصر بحجم مدينة متوفر على الموارد الغذائية العديدة، ويدعى بترا ويبعد عن تبوسبتو يوما واحدا مشيا على الأقدام، كما أشار إلى اسم سماك صاحب أو مشيد هذا القصر وهو أحد إخوة فيرموس .

وبدأ الخلاف بين فيرموس وأخوه سماك كما ذكرنا سابقا بسبب وراثة عرش الأب نوبال، الذي يعود إلى فيرموس حسب التقاليد النوميدية، لكن روما عارضته ودعمت أخاه سماك حفاظا على مصالحها في المنطقة[26].

قبل بداية الحرب حاول القائد الروماني التفاوض مع فيرموس ولكن دون جدوى، فاندلعت بعدها حرب دامت ثلاثة سنوات انتهت بتدمير قصر بترا، وانتحار فيرموس بعدما خانه أهم حلفاءه من بينهم إقمازن، وبذلك استعادت روما سيطرتها من جديد على المناطق التي كانت ثائرة إلى جانب فيرموس.

يتمثل المصدر الثاني في النقيشة اللاتينية والمكتشفة بجوار الموقع الأثري في عام 1900م، وقد نشرت في عام 1901م، ويحمل نصها اسم القيصر **"بترا"** واسم صاحبه أو مشيده **"سماك"** ووظيفته[27].

4- النقيشـــة اللاتينيـــــة:

حسب **"ستيفان غزيل"** « **Stéphane Gsell**» تم اكتشاف الحجر الذي نقش عليه النص من طرف السيد "بولاي" في حقل خاص بالقائد الشريف بن شريف في ملاكو على بعد حوالي 150م من وادي الصومام على الضفة اليمنى.

تشير المصادر التاريخية إلى منطقة الموقع في عمل أميان مارسلان والتي وُصفت بأنها أحد المواقع التي دمرها تيودوس خلال حرب فيرموس وأشار إليها بالبترا، وكانت مقر الإقامة والحكم لهذه المنطقة تحت قيادة عائلة نوبال.

---

[25] - المطوية الخاصة بالحفرية لسنة 2014 من إعداد فريق الحفرية.(غير مرقمة)

[26] - نفسه.

[27]- الحفرية الأثرية لملاكو (بترا قديما)، ولاية بجاية، نتائج أولية لأشغال الحفرية.

كان اكتشاف نقيشة بترا أو اعزر اموقران أو ملاكو أو سماك أصل كل الدراسات التي أجريت بدءا "غزيل ستيفان" و "غابريال كومس"، "لينغراند دينيس"...[28]، يعود كل ذلك إلى محتوى النقيشة والذي يربط وجود هذا الموقع بعائلة نوبيل وأبنائهم الذين كانوا سادة هذه المنطقة في بداية القرن الرابع.

يستشهد "دينيس لينغراند" بالنقيشة على أنه تأبين مخصص لأعداء "سماك"، نظرا لحقيقة أنه تحت حماية روما ويفرض وجوده السيادي في معالجة رعاياه، توجد حجة اقتصادية في المقطع: "Si Pergens interius alimentorium offendisset penuriam".

وقد نهب تيودوس مخازن الحبوب الخاصة بالشعوب المهزومة، بما في ذلك، مما يعطينا فكرة على المستوى وطريقة الحياة الاقتصادية لسكانها وسكان المنطقة[29].

الصورة (5): النقيشة اللاتينية المكتشفة بجوار الموقع (عن الفريق المكلف بالحفرية)

[28] - Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Note sur le Site de Mlakou (Petra)(Wilaya de Bejaia)** »,**Op.cit**., P 40 .

[29]- Ibid., P 41.

5- وصف الموقـــــع:

في سنة 2014 عند اكتشافه:

الموقع ذو شكل رباعي الزوايا يشغل الجزء العلوي من الهضبة، يحتوي على بقايا أثرية مبعثرة، يحتوي على ثلاثة أشكال، الأول يشغل المركز مساحته 2م طول على 1 متر عرض مبني على الأنقاض بشكل رأسي، الشكل الثاني عبارة عن سلم به سلسلة من الدرجات وعددها خمسة أدراج علوها 1.2 م من مستوى الأرض، طول Marche 30 سم، و Contremarche (20-25 سم) مبنية بالحصى وملاط الجير، أما الشكل الثالث فهو مكان العبادة والذي لا يزال يزوره سكان المنطقة ويظنون أن له علاقة بالولي الصالح " سيدي علي ملاكو" الذي عاش في الفترة العثمانية.

6- حالـــة حفظ الموقـــع:

حسب أبحاث سنة 2014: تختلف حالة الحفظ في هذا الموقع عن تلك التي وصفها "في كتابه "ستيفان غزيل" الأطلس الأثري للجزائر عام 1921م، حيث أشار إلى وفرة الهياكل و وجود الأعمدة، حاليا الموقع في حالة سيئة لأنه واقع في منطقية زراعية لا تزال محروثة، وأيضا الموقع مفتوح دون حماية أو مراقبة وغير مصنف، حيث تظهر منه أجزاء من بقايا الموقع يمكن نقل الحجارة منه بسهولة إلى مكان آخر، كما خطر عبور الطريق السريع الجديد الذي سيربط مدينة بجاية بالطريق السريع شرق-غرب[30].

[30]- Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Note sur le Site de Mlakou (Petra)(Wilaya de Bejaia)** », **Op.cit**., P 41.

7- الحفرية الأثرية لموقع ملاكـــو و أهميتها:

تم تقسيم الموقع إلى مناطق وكل منطقة إلى قطاعات وكل قطاع إلى مربعات ذات المساحة (5×5)، فتح عدة مربعات سمح بتحديد الجهة الشمالية و الشرقية، ولكل مربع مدير مسؤول عن قيادة فريقه والمكون من المكلف بالحفرية ومصور فوتوغرافي والمكلف بتسجيل البطاقات التقنية الخاصة بمربع الحفرية، ليتم نقلها في نهاية اليوم إلى المكلف بتسجيل المعلومات الكترونيا بواسطة برنامج خاص بالحفرية، ليتم تحليلها وإحصائها مما يسمح بمعرفة أفضل بكل تفاصيل الموقع الذي تم تجاهله لفترة طويلة[31].

أهميتهـــا:

- تعتبر حفرية ملاكو من بين الحفريات المهمة في مواقع الآثار الريفية القديمة، لأن أغلبية المشاريع السابقة قد أجريت في مواقع حضرية، سواء لبياناتها التاريخية أو لتأثيرها الايجابي على إدارة الموارد البشرية وخاصة على المستوى الأثري.
- كانت الأهمية التاريخية للموقع تتعارض مع أهميته الأثرية، حتى بداية أعمال التنقيب، لم يحتوي التل الذي يشغله الموقع على أي آثار مرئية لان العوامل البشرية كانت السبب الرئيسي وراء هذا الدمار الذي تعرض له في القرن الرابع من قبل الجيش الروماني، ثم أصبح وديعة من الحجر المصقول للإنشاءات الحديثة حتى عام 2012، أصبح موضع اهتمام وخاصة بعد المشروع (الطريق السيار) الذي كان سيقطع هذا الموقع إلى قسمين ويحمل معه معظم بقاياه، وشارك في جميع الأعمال التي تم القيام بها المجتمع المدني

[31]- Iaichouchene Ouamar, Boukhenouf Arezki , **« Méthode d'enregistrement des trouvailles de fouille, cas du site de Petra- Bejaia »**, Actes du 5 ième colloque National Intitulé **« Rôle de la recherche scientifique dans la conservation du patrimoine Archéologique »**, N 12 Bouzaréah le 17-18 Janvier 2015, P 53.

للمنطقة ولاسيما سكان القرية من خلال جمعياتهم "تلويث وتفسوث" بأخناق و"جمعية الحفاظ على تراث مدينة بجاية"، في جميع الإجراءات التي تم تنفيذها لإنقاذ الموقع، بفضل عمل الفريق البحثي لمعهد الآثار بجامعة الجزائر 2 وتعاون المجتمع المدني والسلطات المحلية والإقليمية، ووزارة الثقافة وخدمات تخطيط المدن مكنت من إنقاذ الموقع بعدها تم إجراء الحفرية[32].

- هذه الحفرية ستكسب بلدية صدوق ولاية بجاية مصدر ثقافي وتاريخي واقتصادي مستدام ومصدر مساهم في إثراء تاريخ النضال الوطني منذ القدم[33].
- يعد هذا الموقع ورشة للتعليم لفائدة الطلبة المتخصصين في الآثار، حيث تقدم لهم فرص لاكتساب خبرة علمية تفيدهم في حياتهم المهنية، ويعتبر أيضا فضاء جديد للبحث العلمي والأثري[34].
- إنشاء محور بحثي، لإثراء المعرفة الأثرية للعالم الريفي القديم لشمال إفريقيا، لأنها تسجل تأخيرا كبيرا مقارنة بالبيئة الحضرية[35].

---

[32] - Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Bilan partiel de fouille du site archéologique de Mlakou, antique petra (Bejaia)**», Actes du 2 ème colloque National Intitulé: **« Rôle de la recherche scientifique dans la conservation du patrimoine Archéologique** », N 14, Chlef le 12-13 Avril 2016, PP 50-55

[33]- المطوية الخاصة بالحفرية لسنة 2014 من إعداد فريق الحفرية.

[34] - نفسه.

[35] - Revue, N14, Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar**, Op Cit**, p 56.

الصورة (6): منظر عام لأشغال الحفرية (عن الفريق المكلف بالحفرية)

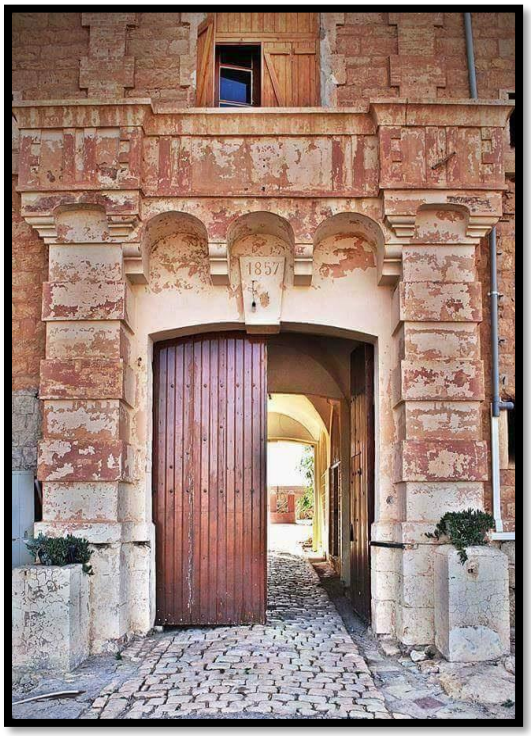
III. التدخلات السابقـــــة:

شهد حصن بوسكارين عدة تغيرات في وظائفه فقد استعمل كثكنة عسكرية وبعد ذلك كمستشفى عسكري ثم مقرا لشركة البناء الوطنية (D.N.C)، وهو حاليا مقر الحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي، هذه التغيرات الوظيفية نتج عنها تغيرات في شكله الأصلي ومواده الأولية والتي استحدثت بمواد بناء أخرى مثل الاسمنت المسلح والحديد فعندما استغل كمستشفى قامت الإدارة الفرنسية بإضافة ملاحق أخرى وأجنحة تشمل قاعات العلاج، وعندما استغل كمقر للحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي استعملت قاعات الحصن كمكاتب للموظفين، والتي من خلالها طرأت عدة تغيرات ألحقت الضرر بالحصن مثل قنوات الصرف الصحي والمستعملة بطريقة مضرة للحصن واستعمال الاسمنت المسلح ....الخ أما الملحقة فهي مهجورة في حالة واضحة من التلف.

أما في ما يخص موقع ملاكو فهو كان مطمورا إلى أن تم اكتشافه في سنة 2014، من خلال عملية التنقيب التي أجريت من طرف بعثتين من معهد الآثار بالجزائر، في سنة 2017 تم تدعيم قاعدة الحوض والأعمدة باستعمال

الجير من طرف الفريق المكلف بالبحث، ما يمكن قوله أنه لم يخضع لتغييرات أو تدخلات لأنه لا يزال قيد البحث.

الصورة (7): غلق الباب بالاسمنت وإضافة أدراج (برج بوسكارين)



الصورتان(8، 9): إعادة طلاء مدخل الحصن

IV- دراسة المنـــاخ:

إن دراسة مناخ مدينتي الأغواط و بجاية عملية ضرورية جدا، يجب التطرق إليها فمن خلالها يتم تحديد الاختلافات في المواد الأولية و عمليات الإنشاء المعماري وكذا طراز الصنع لاسيما تغيرات الطقس واختلافاتها والتي من شانها أن تلحق الضرر بالمعالم، أو تأقلم المواد مع البيئة المحيطة بها هذا ما سوف ندرسه من خلال بحثنا هذا.

1- الأغـــــواط :

1-1- دراســة المنـــاخ:

يسود منطقة الأغواط مناخ بارد شتاءا وحار و جاف صيفا[36]، وتتساقط الأمطار فيها بطريقة غير منتظمة مع حدوث جفاف، كما تهب بين الفينة والأخرى بعض الزوابع الرملية مما أدى لتكوين بعض الكثبان الرملية خارجها من الجهة الشمالية[37]

تمتاز منطقة الأغواط بوجود بمناخين:

- **المناخ الأول:** يسود المنطقة الشمالية الغربية (الأطلس الصحراوي) ويمتاز بتساقط يقدر بـ: 300 إلى 400 مم وتساقط للثلوج والجليد[38].

---

[36] - نجاة فتاطي وحنان بوناب، الهوية العمرانية للمدينة الصحراوية القصر القديم بمدينة الأغواط، أشغال الملتقى الدولي تحولات المدينة الصحراوية تقاطع مقاربات حول التحول الاجتماعي والممارسات الحضرية، جامعة قاصدي مرباح ، ورقلة، 2015، ص 36.

[37] - مداني لبتر ، **الأغواط صفحات من الحضارة والتاريخ** ، دار هومة ، الجزائر ، 2006، ص 14.

[38]- بشير طلحة، **البنى التقليدية وعلاقتها بالتقسيم الاجتماعي للمجال الحضري "دراسة حالة مدينة الاغواط"**، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في علم الاجتماع تخصص علم الاجتماع الحضري، جامعة الجزائر، 2005-2006م، ص ص 85-86.

- **المناخ الثاني:** يسود مناطق السهول وهو عبارة عن مناخ صحراوي تصل كمية التساقط به إلى 150 مم في الوسط 50 مم جنوبا، ويمتاز بسقوط الجليد وحرارة شديدة مصحوبة بزوابع رملية وخاصة بين شهري جوان وجويلية أين تدوم الرياح الحارة الجنوبية مدة أسبوع كامل[39].

1.2. دراســـة البيئـــة:

تعدد البيئة الصحراوية من أهم وأشهر أنواع البيئات الموجودة في الطبيعة، وهي منطقة جغرافية تكون عادة خالية من الأشجار والنباتات والماء، تمتلك البيئة الصحراوية طابعا معماريا مميزا وذاكرة غنية من خلال قصورها ومدنها والتي شكلت أنوية المدن الحديثة والتي تطورت انطلاقا منها في ظروف تاريخية مختلفة، وتميزها بخصائص مناخية صعبة جعل من السكان والأهالي يعطون قيمة كبيرة للماء، بل جعلت ممن يسيطر على مصادر المياه هم أصحاب القرار والنفوذ، تختلف مصادر التموين بالمياه لأهالي المدينة فنجد بعضها تجلب إليها المياه عبر السواقي ومنها ما تحفر له الخنادق والفقارات في سفوح الجبال.

1.3. خصائص الإنشاء المعماري:

نظرا لقساوة الظروف المناخية على المستوى العمراني والمعماري فقد استعملت مواد البناء الطبيعية الموجودة في البيئة الصحراوية واستغلها لحمايته من الظروف المناخية.

- استخدام مواد محلية طبيعية كالحجارة والطوب والخشب، كل هذه المواد البيئية لها القدرة على العزل الحراري.

---

[39]- بشير طلحة، **المرجع السابق**، ص 86.

- استعمال الفتحات الضيقة كحل عملي لمنع تدفق الحرارة عبر النافذة حيث تعمل على صد قدر كبير من الإشعاع الساقط والمنعكس وتسمح بانسياب تيار خفيف من الهواء البارد القادم من المناطق المنخفضة في المبنى[40].
- الأسوار تكون مرتفعة فوق السطح لتوفير الظلال.
- الجدران تكون سميكة يستعمل في بناها الحجارة والطوب.
- طلاء الأسطح الخارجية بالجير لعكس أشعة الشمس والتقليل من امتصاص الحرارة.
- بناء الأسقف السميكة من الجريد وجذوع النخيل وغيرها من الأشجار.
- فناء داخلي منظم لدرجة الحرارة خلال ساعات الليل والنهار[41].

2. حـوض الصومــام ببجايــة:

1.2. دراســـة المناخ:

يشبه مناخ حوض الصومام مناخ مدينة بجاية والذي يبعد عنها بحوالي 50كلم، ينتمي مناخ ولاية بجاية إلى المناخ المتوسطي الممطر شتاء مع برد شديد وثلوج كثيفة خاصة في الجبال، و صيف معتدل إلى حار، وتصل درجات الحرارة في الشتاء إلى 5- دون الصفر و ترتفع إلى 18 درجة، ويكون فصل الشتاء أكثر رطوبة من فصل الصيف، ويبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي 830 ملم، وتهطل أقل كمية من الأمطار خلال شهر يوليو بمعدل 4 ملم، أما صيفا تتراوح درجة الحرارة ما بين 30° إلى 40° درجة بسبب جبل قوراية الذي يحجب المدينة ويمنع عنها الرياح الشمالية

[40]- علاء الدين عبد الرحمن إبراهيم ابوزيد، **السمات المشتركة لعمارة الصحراء الكبرى المدخل البيئي للتصميم في المناطق الحارة الجافة**، مجلة كلية الهندسة جامعة الأزهر، المجلد 14، رقم 53، أكتوبر 2019، ص 1636.

[41]- خالد سليم فجال، **العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية**، الدار الثقافية للنشر، مصر، 2002م، ص 33.

أما الجهة الجنوبية فهي أكثر عرضة للرياح، ويتسم شتاؤها بكثرة سقوط الأمطار، مما جعل منها منطقة زراعية غنية بأشجار الزيتون والسرو والصفصاف وغيره[42].

خلاصـــــة الفصـــــل:

نستنتج من خلال ما سبق أن فن العمارة وتوازن البيئة والمحيط وهو التسجيل المرئي والحي لصورة الحضارة والتقدم بأبعادها المختلفة، والتصميم من خلال الطبيعة المحيطة مع تحقيق التوازن ما بين الماضي والحاضر والتطلع للمستقبل هو الغاية المرجوة من البحث انطلاقا من جوهر القضية وهو الإنسان.

[42] - أحمد الشناوي وآخرون، **دائرة المعارف الإسلامية**، المجلد الثالث، ج 3، وزارة المعارف، (د.ت)، ص 350.

الفصل الثاني

مـــواد وتقنيات البنـــــاء

I مـــواد البنـــــاء:

لقد تنوعت مواد البناء واختلف استخدامها من مادة إلى أخرى، وذلك حسب طبيعتها ووظيفتها، والمناخ الموجودة فيه، ونوع المواد الممكن الحصول عليها، حيث استعملت الحجارة والآجر على نوعين مع مزيج من الدبش إلى جانب استخدام مواد الربط كالملاط البني والجبس.

أ/- حصـــن بوسكاريـــن:

تتميز العمارة الحجرية بالبساطة، وتتجلى هذه البساطة في استخدام المواد المحلية في البناء مثل: الحجارة والطين والملاط والطوب وببساطة مرتبطة بالذوق الفني والانسجام الجمالي، كما كانت أيضا ببساطة مقرونة بعلم واسع بالفطرة والتجربة بهندسة البناء في وضع نماذج فريدة ومميزة تضمن عناصرا وظيفية تلبي حاجة البيئة والظروف المناخية والعادات والتقاليد الاجتماعية.

بني حصن بوسكارين على أنقاض البرج الغربي القديم استعملت عدة مواد لبنائه، كالحجارة الكلسية الطبيعية و المشذبة، حيث استخدمت الحجارة في بناء جدار حصن بوسكارين وجاءت مختلفة الأحجام والأشكال، كذلك الحجارة الرملية المشذبة، وذلك لما تمتاز به من صلابة وخفة الوزن وسهولة النحت، إضافة إلى استعمال الطوب، الجص والجير و هو عبارة عن كتل من الحجارة الخشنة ذات أحجام مختلفة تستخرج من الحجر الجيري الأبيض، واستعمل الملاط للربط ولتجصيص الجدران، إضافة إلى الآجر و الميداميك*..... وغيرها.

ب/- موقـــع ملاكـــو:

تعتبر العمارة الرومانية كغيرها من النماذج المعمارية الأخرى، حصيلة الفنون والحضارات السابقة والمحيطة، ولكن الرومان طبعوها بطابعهم الخاص.

يتميز فن العمارة الروماني والصعوبة في تنفيذها، والاهتمام بالأماكن العامة أكثر من الأماكن الخاصة، كما تمتاز بالقوة في البناء والمرونة التامة من حيث التخطيط والتنظيم[43].

استعملت الصخور الكلسية في بناء معالم ملاكو والصخور الكلسية هي عبارة عن صخور ذات أصل رسوبي سهلة النحت والتشكيل تتألف من عناصر كلسية مثل كربونات الكالسيوم ($CaCo_3$)، والملاط لربط بين الحجارة وطلاء الأسوار و الأرضيات إضافة إلى دوره التزييني.

1. الحجـــــارة:

الصخور هي مجموعة طبيعية أو خليط طبيعي من عدة فلزات، بعض الصخور تحتوي على معدن واحد فقط وتسمى أحادية المعدن، أما إذا كانت تتكون على عدة معادن فتسمى متعددة المعادن[44].

تعتبر الصخور الوحدة الأساسية المكونة للجزء الصلب من سطح القشرة الأرضية، وقد نشأت وتكونت من اندفاعات الصهارة الصخرية من باطن الأرض، وتعتبر الصخور النارية أول أنواع الصخور ثم تكون فيما بعد النوعين الآخرين من الصخور وهما الصخور الرسوبية والصخور المتحولة[45].

أما مصطلح الحجارة فهم مشتق من الأحجار الطبيعية بعد استخراجها من قشرة الأرض الخارجية، عُرفت الحجارة كمادة أساسية للبناء منذ فجر التاريخ وقد تميزت كل حضارة من الحضارات التي تعاقبت على أي بقعة من العالم بنمط خاص يميز

---

[43] - Froidevaux (Y.M): **Technique de l'architecture ancienne: Construction et restauration**, Mardaga, Paris, 1985, p 9.

[44] - ف. سايمز وآخرون، الصخور والمعادن، دار نهضة مصر للنشر،القاهرة، د.ت، ص 8.

[45] - ميشيل كامل عطا الله، **أساسيات الجيولوجيا**، ط3، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، 2009، ص 225.

مساكنها وقصورها ومعابدها، وقد تركت أثارها بصمات واضحة على النمط المعماري الذي نحتت فيه حجارة منشآتها أو طريقة البناء أو نوع الحجارة[46].

ويطلق لفظ حجارة البناء على الحجارة الممكن استخدامها في أغراض البناء (بناء الحوائط والجدران ، ورصف الطرق) كما يطلق لفظ حجارة الزينة على تلك الحجارة التي تعطي انعكاسات جميلة للضوء عند قطعها وصقلها، والتي تكسى بها واجهات المباني والأرضيات وتستخدم في الأعمال الزخرفية[47].

تستخرج الحجارة من المقالع القريبة للمعلم (الجبال القريبة، حواف الوديان) تكسر الحجارة إلى قطع قابلة للحمل لتسهل عملية نقلها، تستعمل في بناء الأساسات والأجزاء السفلية من الجدران لشدة مقاومتها وتحملها الثقل، وتعد من أهم المواد التي استخدمت على مر العصور[48].

تختار الحجارة من الطبقات الصلبة المتماسكة في المحجر، ويراعى أن يكون خاليا من المواد العضوية والغريبة، كالرمال والأتربة والطَّفل[49]

استعملت الحجارة ببنايات المساكن والقصور وأماكن العمارة كالأسوار والحصون والمعالم التاريخية والأثرية، تتواجد الصخور بتركيبات ونسج و ألوان وقساوة مختلفة، ولديها استعمالات مختلفة حسب اختلافها حيث تستعمل في تزيين القصور و الأدراج و

46- محمد عبد الله و آخرون، **خامات البناء**، الطبعة الأولى، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع،عمان،2011، ص 510.

47- عبد الحكيم عثمان، **أحجار البناء والتشييد والصناعات التقليدية و الإستخراجية في اليمن**، ط1، د.ن، 2000م، ص 19.

48- وزيري يحي، **العمارة الإسلامية والبيئة**، سلسلة عالم المعرفة، مطابع السياسة، الكويت، 2004م، ص 108.

49- توفيق أحمد عبد الجواد، **العمارة وإنشاء المباني**، المعاجم التكنولوجية التخصصية، ص 200.

الأسوار الداخلية و الخارجية، الجسور و العمارات المختلفة. ونجدها في أغلب الأحيان في كل مكان بألوان مختلفة و أشكال متنوعة[50].

1.1. مميزات الحجارة:

- تتميز الحجارة في برج بوسكارين وموقع ملاكو بالقوة والصلابة لذا استخدمت في الحوائط الخارجية كحوائط حاملة، وفي بناء الأعمدة.
- تعمل الحجارة كعازل قوي للمباني صيفا وشتاءا فإنها تختزن الحرارة نهارا وتفرغها ليلا.
- تمتاز بعض الحجارة بتزيين الواجهات، وإظهار وتأكيد العناصر المعمارية كالفتحات وتحديد الأدوار.
- تستخدم الحجارة في عمل العقود (الأقواس) والشبابيك البارزة عن الحائط[51].

2.1. الحجـــارة الكلسيـــة:

الحجارة الكلسية في جوهرها عبارة عن كربونات الكلسيوم، يعد صخر حتاتي حيث العناصر التي تتركب منها محصورة بين 2 ملم و 40 ميكرون[52] رسوبيكيميائي، يحتوي على معدن الكالسايت بنسبة تزيد عن 50% من مكونات الصخر، وقد توجد في حجارة

---

[50] - Fevre(F), « **Les seigneurs du désert: histoire de sahara »,** presse de la renaissance, Paris, 1983, p 902.

[51] - صالح أحمد صالح، **محاضرات ترميم المباني الحجرية**، كلية الآداب، جامعة صنعاء، 1989- 1992م.

[52]- بيار جورج، تر: محمد الطفيلي، مرا: هيثم اللمع، **معجم المصطلحات الجغرافية** ، ط2، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 2002م ، ص287.

الكلس معادن أخرى قد تصل إلى 50% من تركيب الصخر و أهم هذه المعادن هي الطين و الكوارتز و أكاسيد الحديد و كِسَرْ صخرية وعضوية[53].

ويترسب الكالسيت المكون للصخور الكلسية كيميائيا أو عضويا أو قد يترسب من فئات ذو أصل كلسي، و تتشابه كل أحجار الكلس في أنها مكونة أساسا من الكالسيت وبالتالي تتفاعل مع حمض الهدروكلوريك المخفف[54]، ويتفاعل مع الأحماض الضعيفة[55].

تعد الصخور الكلسية ذات انتشار واسع في الطبيعة وتشكل حوالي (20-25%) من المجموع الكلي للصخور الرسوبية[56].

تتدرج ألوان الحجارة الكلسية بين الأبيض والأصفر والبني والوردي والأحمر وأحياناً اللون الأسود، كذلك يتفاوت نسيج الصخر، فقد يكون نسيجاً سكرياً أو نسيجاً سهل التفتت أو نسيج عضوي يحتوى على أحافير وبقايا الكائنات الحية، ويتحول الحجر الكلسي نتيجة عمليات الحرارة والضغط إلى حجر الرخام الذي يتميز بصلابته وجمال ألوانه بحيث يستخدم كحجر من أحجار الزينة

3.1. الحجـــارة الرمليـــــة:

من الصخور الفتاتية، ويتركب أساسا من معدن الكوارتز وبعض معادن الحديد، وينتشر في مناطق متفرقة من العالم وله أهمية كبرى في عالم الصناعة[57]، ويتوقف لون الحجر الرملي إلى درجة كبيرة على لون هذه المادة اللاحمة (أو الماسكة) فإذا كانت سليكا

---

[53] - محمد عبد الغني مشرف، **معادن-صخور-أحافير-خرائط**، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية، 1993م ، ص ص 94-95.

[54]- نفسه ، ص ص 94-95.

[55]- محمد رضا علي إبراهيم، **مكتبة الأسرة في الجيولوجيا "علم الارض"**، ط1، مج1، مكتبة ابن سينا للطبع والنشر والتوزيع، القاهرة، 1999م ص 58.

[56] -Pettijohn (F.J), **Sedimentary Rocks**, Harper Row,Pub. Adition 3, New Yourk, 1975, P 628.

[57]- محمد رضا علي إبراهيم، **المرجع السابق**، ص 58.

أو كالسيت كان لون الصخر فاتحا: (أبيض أو أصفر خفيف أو رمادي)، أما التي تحتوي على أكاسيد الحديد فيكون لونها أحمر أو بني يميل إلى الاحمرار[58]

2. الطـــــوب:

صناعة الطوب فن من أقدم الفنون، وكانت معروفة لدى أغلب شعوب العالم القديم، يصنع من التربة الطينية والأرض الرطبة يعجن ويصب في قوالب، ثم يجفف في الشمس وفي بعض الأحيان يضاف إلى العجينة أعواد التبن لإعطائها المزيد من التماسك والقوة[59].

لا يصنع الطوب من رملي أو مُحصى أو حصى ناعم، لأن هذه المواد ثقيلة الوزن، وضعيفة إذا تعرضت لماء المطر فهي تتفتت وتتلاشى ضمن الجدران، ولا يبق القش متماسكا فيها بسبب خشونة المادة، فيجب أن يصنع القرميد من طين أبيض طباشيري، أو من الطين الأحمر، أو حتى من طين مطحون حصبائي، فهذه المواد ناعمة، وهي بالتالي مقاومة كما أنها ليست ثقيلة أثناء التعامل بها، ويمكن بسطها ومدها بسهولة.

تتم صناعة الطوب في فصلي الربيع والخريف بحيث يجف بشكل متساوي، ولا يصلح الآجر المصنوع في الصيف، لأن حرارة الشمس الحارة يشوي السطح ويجعل الطوب يبدو وكأنه جاف، بينما يبقى من الداخل رطبا، والانكماش الذي يلي عملية تجفيفه يسبب تشققات في الأجزاء التي جفت أولا فتؤدي إلى إضعاف الطوب[60].

تعتبر هذه المادة من أكثر مواد البناء انتشارا في الصحراء لما يمتاز به من الوفرة والسهولة، والمادة الأولية للطوب هي التربة، والتربة الصالحة لصناعة الطوب متواجدة

---

[58]- عماد محمد إبراهيم خليل، **علم المعادن**، كلية العلوم -جامعة الزقازيق ، القاهرة، 2014م، ص 162.

[59]- ألفريد لوكاس، تر: زكي اسكندر و محمد زكريا غنيم، **المواد و الصناعات عند قدماء المصرين**، ط1، مكتبة مدبولي، القاهرة، 1991م، ص 88.

[60]- يسار عابدين وآخرون، فيتروفيوس "الكتب العشرة في العمارة"، مطبعة جامعة أوكسفورد، كامبريدج، 1914، ص 12.

بوفرة في كل المناطق الصحراوية، ومن ميزاتها أنها لا تحتوي على الحصى الكبيرة وفقيرة من حيث المواد العضوية[61].

3. الجــص:

الجص هي كلمة فارسية معربة[62]، و احدى مواد البناء، أما من الناحية الكيميائية فهو عبارة عن كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.H2_O$، (كبريتات الجير المهدرتة) محتوية على الماء ومتحدة به اتحادا تاما[63]. ومنه الجصاص وهو صانع الجص والجصاصة وهي موضع صناعة الجص ويصنع الجص يدويا بأن يجمع صخوره وتتم عملية الحرق بواسطة الأخشاب لطرد الماء[64]، ويفقد الجبس (الجص) نحو ثلاثة أرباع مائة عند تسخينه إلى درجة حرارة نحو 100مْ و نحو 200مْ، غير أنه يحتفظ بالحرارة في الغالب عند درجة 130مْ وهي درجة حرارة تدرك بسرعة، ثم يقوم الجصاص بتجميع صخور الجص للقيام بعملية الضرب بأداة خاصة لسحقه وتحويله إلى مسحوق ناعم أي كربونات كلسيوم موجودة إلى جير حي، وتعرف المادة المكلسة في صورتها النقية جير حي[65]، فيصير بذلك معدا للاستعمال فتطلى به الجدران أو تنفذ به الزخارف الجصية[66].

ويعد استخدام مادة الجص مهم في المناطق التي يتميز مناخها بالرطوبة العالية وذلك لما له من قابلية امتصاص الرطوبة، وعند تعرضه للحرارة في الجو الجاف فإنه يفقد الرطوبة المختزنة، وينتج عن ذلك انخفاض في درجة سطحه، وبالتالي الهواء الملامس له، لذا يكثر

---

[61] - قبابلة مبارك، **تطور مواد وأساليب البناء في العمارة الصحراوية**، مذكرة مكملة لنيل شهادة الماجستير في علم الآثار تخصص اثار صحراوية، جامعة محمد خيضر، بسكرة،2009- 2010، ص 77.

[62]- ابن المنظور جمال الدين، **المصدر السابق**، ص10.

[63]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 126.

[64]- سحر محمد قطري، **المؤثرات الإسلامية في أعمال المعماري الايطالي اليساندرو لوريا بمدينة الإسكندرية 1877-1937م**، المؤتمر الدولي الأول، كلية الآثار، جامعة الفيوم، 2014م، ص 203.

[65]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 126.

[66]- سحر محمد قطري، **المرجع السابق**، ص 203.

استخدامه في المدن الصحراوية حيث درجات الحرارة والرطوبة عاليتين.[67] و للجص فائدة في تغطية الجدران الطينية، لا يسمح بمرور الحرارة أي انه مادة عازلة.

4. المـــــــــلاط:

يعد الملاط من بين العناصر الهامة في البناء من خلال الدور المعماري الذي يلعبه في المعلم، إن أهمية وجوده تحددها المتغيرات التركيبية والبيئية التي يخضع لها.

يمكن تعريف الملاط لغة: ملطت ملطا وملط الحائط ملطا وملطة أي طلاه والملاط هو الذي يملط به الحائط أي يخلط[68]، كلمة ملاط مشتقة من الكلمة اللاتينية (Mortarium) التي تعني إناء الخلط[69]، ويعرفه ابن خلدون بأنه: **" ... بعد أن يحل بالماء ويخمر أسبوعا أو أسبوعين على قدر ما يعدل مزاجه عن إفراط النار المفسدة للإلحام..."**[70]، أما إذا عرفنا كلمة ملاط علميا فهو المواد المستعملة للربط بين أجزاء البناء سواء كانت طوبا أو حجارة ويطلق عليه أيضا المونة و يستعمل أيضا لتلبيس الجدران الخارجية والداخلية وتكسيتها، و تلبيس الأرضيات[71]، كما أنه يعمل على توزيع متساوي لقوى الضغط عند نقاط تماس المواد فيما بينها، بشرط أن يكون ذو سمك منتظم ومتساوي، يلعب دورا هاما في إعادة تسوية المسافات غير المنتظمة في البناء إضافة للحجارة المسطحة ومن جهة أخرى لديه قوة تحمل ضغط كبير الناتجة عن الثقل، لذا فإننا نجد أنه كلما كانت التقنية والمواد غير منتظمة كلما زادت كمية الملاط المستعملة، وذلك لسد الفراغات الناتجة عن عدم

---

[67]- يحيى وزيري، **المرجع السابق**، ص 110.

[68] - ابن المنظور جمال الدين، **المصدر السابق**، ص 122.

[69] - Ahmed chafik El khatib:**Dictionnaire des termes Scientifiques artistiques**, Anglais – Arabe, P 510.

[70] - عبد الرحمان ابن خلدون (ت:808هـ/1406م)، **ديوان المبتدأ والخبر في تاريخ العرب والبربر ومن عاصرهم من ذوي الشأن الأكبر**، ج6، مرا: سهيل زكار، دار الفكر، بيروت، 2000م ، ص ص 434-435.

[71]- عاصم رزق، **المرجع السابق**، ص 64.

الانتظام[72]، ومنه فإن الخاصية المهمة في الملاط هي مقاومته الميكانيكية التي تحميه من عدم التفتت تحت تأثير الضغوطات الناتجة عن المبنى هذا بالإضافة إلى قدرته على مقاومة العوامل الطبيعية [73].

يمكننا تقسيم الملاط من الناحية التركيبية إلى نوعين:

الملاط الطيني والذي يضاف إليه الطين مع قليل من الرمل، أما النوع الثاني فهو الذي نجد فيه مكونات إضافية تسمح بتلاحم أحسن لجزيئات الملاط، كالجير ومسحوق الطينة المحروقة، ويتم تحضيره بمزج التراب الرملي بالجير إلى أن يصبح الخليط متجانسا ثم يضاف إليه الماء[74] .

1.4. تاريخ ظهـــور المـــــلاط:

كانت الْمُوَن* قديما تحتوي على كل من الجير والجص، كما كان يتم صناعتها بداية عن طريق خلط معادن تعطي صفات الجص والجير[75].

---

[72] - Nachtergal (C) ,**Agenda du bâtiment**, édition de book, Bruxelles,1984,p 35.

[73] - Vorobiev (V), **Matériaux de construction**, éditions MIR, Moscou, 1967, P 94.

[74] - Komar (G), **Matériaux et éléments de construction**,éditions MIR, Moscou , 1969, P 44.

*-المون جمع مونة: المونة أو الملاط مادة بناء وللدلالة على مزيج من الجير والرمل و مسحوق الطوب الأحمر ورماد الأفران، تستخدم لربط الحجر ولملىء الفراغات بينها. أنظر: عاصم رزق، **المرجع السابق**، ص 306.

المونة: هي المواد التي تقوم بعملية ربط الكتل البنائية المختلفة، وهي مادة لدنة سهلة التشكيل، قادرة تحت شروط معينة على تشكيل مادة متماسكة صلبة، كما أنها تملك قدرة الالتصاق جيدة مع مواد البناء الأخرى التي يتم تطبيقها عليها. والغاية من استعمال المونة هي ربط وحدات تستعمل كما رئيسي، بشكل والمنشآت الأبنية كغطاء لسطوح بعض مواد البناء مثل اللبن والحجر والقرميد ولتزيين أجزاء البناء وقديماً استعمل الناس نوعين من المواد مونة رابطة، وهما:

أ- **مونة الطين**: وهي أبسط أنواع المواد الرابطة المستعملة في الأعمال البنائية فهي تمتاز بعدة مميزات منها: مادة رخيصة ومتوفرة، عازلة للحرارة، وقادرة على اتخاذ مختلف الأشكال التي يراد عملها.

ب- **المونة الجصية:** عرفت المونة الجصية في الحضارات القديمة منذ عدة آلاف السنين، واستعملت في مختلف أعمال البناء مونةً للبناء والأرضيات والأسقف والزخارف. أنظر: جرو عبدالله حمه صالح، بهار سعيد حسن، **أثر الرطوبة في مواد البناء في الأبنية السكنية الأثرية مدينة السليمانية حالة دراسية**، مجلة السليمانية للعلوم الهندسية، المجلد 6، العدد 3، العراق، 2019، ص96.

[75]- جيورجيو توراكا، **تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية**، ترجمة: أحمد إبراهيم عطية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة،2003م، ص 145.

تم اكتشاف رابط صادر من طهي صخرة "أرخ" يعود تاريخها إلى القرن السادس قبل الميلاد في موقع جتال هيوكو جنوب شرق كونيا بتركيا[76].

وقد أتاحت أعمال التنقيب في مدينة وركا (أورك قديما) في العراق ظهور مبان ذات خصائص دينية مثل الضريح الأبيض المبني من الطوب المجوف والمغطى بحليب الجير المزين بتلبيس الفسيفساء، حيث تعود أولى الشواهد التي استخدم فيها الجير إلى القرن السابع قبل الميلاد[77].

في القرن الثالث قبل الميلاد، تحكمت أمريكا في صناعة الحجر الجيري واستخدمته في الاسمنت كمادة رابطة المستخدم في الملط، المادة الأولى اجتذبت عن طريق التكلس من القواقع، التي تتكون من الجير والرمل وأحيانا الحصباء، أما ملاط واد المكسيك «Vallée Mexico» فهو متين للغاية ويستمر لفترة طويلة ويمكن اعتباره أسمنت[78].

استخدم الجبس في مصر بين كتل أحجار البناء كملاط كما أستخدم أيضا في الأهرام و كذلك في البياض وذلك منذ حوالي ثلاث ملايين سنة قبل الميلاد، أيضا يرجع تاريخ استخدام الجبس في Mesoptamia إلى أزمنة مبكرة جدا[79].

كما استعملت مصر القديمة ملاطا ذا نوعية رديئة مصنوع من الجبس، استخدم لمليء فراغات بنايات القبور والأهرام في منطقتي "أبيدوس" و "سقارة" فيها حيث استخدموا الملاط الجيري المائي كدهان، احترفت أمريكا ما قبل الكولومبية صناعة الجير واستعملته في الملاط كمادة لاصقة في البناء، ويتكون من الجير والرمل وأحيانا خليط من الجص [80].

---

[76]-Ecole d'Avignon, **Technique et pratique de la chaux**, 2ème édition, Eyrolles, Paris 2003,p 196.

[77]- Ibid.,. p 196.

[78]- Ecole d'Avignon, Op.cit., p 196.

[79]- جيورجيو توراكا، **المرجع السابق**، ص 141.

[80] - George Torraca, **Matériaux de construction Poreux** , Science de Matériaux pour la conservation architecturale, traduit de l'original anglais par Mattéo (G.Di), édition ICCROM , Rome, 1986, P 67.

ثبت استخدام الجير في العصر الحجري الحديث حيث تم اكتشاف بياض الجير، وفي العصور التاريخية ظهر بياض الجير في الحضارة الميسينية والمينوية وذلك في قصر Knossos[81].

في الحقبة الهيلينستية حوالي القرن الرابع قبل الميلاد، تم اكتشاف بعض التربات البركانية الأصل، وذلك في مناطق البراكين، وعندما خلط تراب البراكين مع الجير المطفأ نتجت مونة تصلبت تماما في الجو الرطب جدا.

استعمل الجير ملاطا قبل عهد بطليموس الأول (من سنة 323 إلى 275 ق.م)، وقد وجد ملاط ذاك العهد والعصور المتأخرة عنه يكاد يكون من حيث تركيبه نفس الملاط الجيري المستعمل في عصرنا هذا[82].

وفي الحقبة الرومانية قام الرومان بتعميم البناء بالملاط المصنوع من الجير حيث ساعد هذا الأخير في تشييد بنايات ضخمة، هذا ما جعل من الملاط يصبح مادة بناء بكل معنى الكلمة، وأبرز مثال على هذه التقنيات ميناء روما"Portilla Amelia" "بورتيكس اميليا"[83]، وفي هذه الحقبة سمح استخدام المركبات الهيدروليكية بتنفيذ الأعمال المائية، كما استخدمت في تسليح القوالب المستعملة في النماذج الخشبية[84].

اكتشفت أولى المواد المصنوعة من الجير البوزولاني* في المناطق المتأثرة بالحضارة الشرقية واليونانية[85]، ومن أهم المواد البوزولانية الطبيعية التي أستخدمت في العصور

---

[81]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، 144.

[82]- نفسه، ص122.

[83] -Maurice Mumenthaler ,**op. Cit.**,P 4.

[84]- جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**، ص153.

***- البوزولانا:** إن البوزلان عبارة عن مادة طبيعية بركانية سوداء اللون خفيفة الوزن نتيجة تطايرها ودخول الغازات والأبخرة البركانية من خلالها لحظة خروجها، وهي على شكل حصى حجمها من1 إلى3 سم، يمتاز بخصائص طبيعية ويعطي استخدامه نتائج مذهلة، إن خلط هذه المادة بالكلس والرمل يمنح القوة للأبنية المختلفة، ويستخدم لبناء الأرصفة الموانئ لأنها تبقى متينة تحت الماء، ويعتقد أن تحت الجبال نيرانا هائلة من الكبريت أو حجر الشب أو الإسفلت المشتعل، و أن النار و ألسنة اللهب والحرارة الصادرة من صدوع الأعماق هي السبب في أن التربة خفيفة رخوة، و أن الحجر المسامي البركاني يكون أسفنجيا خاليا من الرطوبة، وعندما يتم مزج المواد الثلاثة المتشكلة من مبدأ أصلا متشابه بقوة

القديمة "البوزولانا" و"حجر التوف" الموجود في جزيرة "سانتورين" أحد جزر بحر ايجة وحجر الخفاف وحجر طراس* الموجود في حوض نهر الراين الأدنى[86].

المواد البوزولانية أو بوزولانا نسبة إلى مدينة بالقرب من"نابلي" وهي كل المواد التي تنتج الملاط الهيروليكي مع الجير المطفأ[87]، وقد استخدمت أنواع أخرى من المواد البوزولانية الصناعية أيضا في العصور الكلاسيكية وبصفة خاصة خبث الحديد ومسحوق الطوب الأحمر أو كسر الفخار، وهذه مواد قليلة التفاعل[88].

في العصور الوسطى ظهرت بدايات تكنولوجيا الخرسانة والُمونْ الهيدروليكية، حيث كان يتم ملئ الفراغ بين سمك الجدران وفي الحوائط المزدوجة في المباني التاريخية، بالدبش المخلوط بمواد هيدروليكية[89].

وفي شمال إنجلترا أستخدم حجر الطراس بدلا من البوزولانا، وفي سنة 1796م حصل "Parker" على براءة اختراع الإسمنت الروماني الذي أنتجه في درجة حرارة تصل إلى 800 درجة مئوية[90].

ومن خلال مذكرات"Vitruvius"* في رسالة عن بداية عصر النهضة في القرن الخامس عشر، في بداية الثورة الصناعية، نقلت معلومات تكنولوجية عن الملاط

النار، فإن الماء المتشرب فجأة يجعلها تلتحم بقوة، وسرعان ما تقويها الرطوبة بحيث يتشكل الكل ككتلة لاستطيع الأمواج ولا قوة الماء أن تحلها. **أنظر:** - يسار عابدين وآخرون، **المرجع السابق**، ص 60.

[85] - Maurice Mumenthaler, **Technologie des enduits traditionnels de façade**, Bruxelles, P 4.

*- **حجر الطراس**: هو صخر بركاني زجاجي خفيف، مسامي تملؤه الثقوب الناتجة عن احتباس بعض فقاعات الغاز أثناء تصلبه من الطفح البركاني، يستعمل كمادة ساحجة ويدخل في كثير من مستحضرات الطلاء. انظر: https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AE%D9%81%D8%A7%D9%81

[86] - جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**، ص 151.

[87]- نفسه، ص 151.

[88]-نفسه، ص152.

[89]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 153.

[90]- نفسه، ص 154.

الهيدروليكي، وقد استخدم المعماريون الانجليز مواد بوزولانية في بناء دعامة جديدة عام 1969م وذلك بالاستعانة بمستشارين ايطاليين[91].

2.4. مكونات المـــلاط:

يتكون الملاط من حبيبات دقيقة من الرمل والطينة، حيث يدعم بالجير ليكسبه صلابة، بالإضافة إلى مواد لاحمة تساعده على التماسك والارتباط الجيد مع مواد البناء إلى جانب سرعته في التصلب.

1.2.4.المـــواد اللاحمة (الماسك):

هي المواد الأساسية في تركيبة الملاط، التي تعمل على تماسك وترابط المواد المكونة للملاط[92]، تحتوي على خاصية التجميع عن طريق اللصق، بين المواد الخامة ويتم مزجها بالماء فتنتج عن ذلك عجينة لاصقة تتصلب بشكل تدريجي، وهذا بعد مزجه بالماء مع الرمل والحصى يعطي خرسانة أو ملاط فالماسك في الملاط يضمن التماسك بين حبيبات المواد الخاملة المكونة له[93]، وتتمثل هذه المواد في مواد عضوية ومواد معدنية ومركبة، مع العلم أن استعمال مختلف هذه المواد يجب أن تخضع لمقاييس دقيقة من حيث الكميات المستعملة لضمان جودة المادة وتحسين خواصها.

---

*-**ماركو فيتروفيوس باليو (Marcus Vitruvius Pollio)**: مهندس معماري روماني، عاش في القرن الأول قبل الميلاد، ولد ما بين 80 و 70 ق.م وتوفي بعد العام 15 ق.م، كان المسؤول عن آلات الحرب في عهد يوليوس قيصر والقيصر أغسطس، كان قد صمم وبنى كاتدرائية فانو، كتب قواعد الهندسة المعمارية باللاتينية بعشرة كتب ُسميت دي اركيتيتورا "De architectura" التي اتبعت حتى نهاية القرن التاسع عشر.أنظر: يسار عابدين وآخرون، **المرجع السابق**، ص 12.

[91]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 155.

[92]- جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**، ص153.

[93]- رزيق عبد الرحمان، حمزة محمد الشريف، **الملاط في صيانة وترميم الفسيفساء (عينات ميدانية)**، مجلة الدراسات الاثرية، المجلد 19، العدد1، جامعة الجزائر2، معهد الآثار،2021، ص 277.

حيث المواد العضوية يكون فيها عنصر الكربون ضمن مكوناتها الأساسية كالنشاء والراتيج والزيوت العضوية والبروتينات، التبن والشعر، وغيرها، دور هذه المواد تحسين الخصائص الفيزيوميكانيكية للملاط، تأخير القبض، تساعد على انسجام المكونات وتعمل على تحسين الكربنة ومقاومة الجليد [94]، أما المواد الفلزيـــة فهي تتألف من معدن أو أكثر، تشكل مع الماء عجينة لينة كالجير والطين والصلصال والرمل.....إلخ، وأخيرا المـواد المركبة وهي موجودة بكثرة كالبوليميرات (متعددات الأجزاء) ذات الخصائص الفيزيائية والكيميائية و الحرارية ولعل أهم خاصية هي خاصية اللزوجة [95].

2.2.4. الجيـــر:

اشتقت كلمة جير من الكلمة اللاتينية كالكس (Calx) المشتقة من كلمة كالس (Calce)، والتي تعني تكلس الحجر الكلسي [96].

تجلب هذه المادة من محاجر خاصة على شكل حجارة كلسية تختلف نقاوتها من منطقة لأخرى، وبعد تكسير هذه الحجارة إلى أجزاء صغيرة نستطيع نزع الشوائب الزائدة كالجص والطينة مما يسهل عملية حرقها واستخراج المادة الأصلية منها، تفقد هذه الحجارة غاز الكربون بواسطة الحرق لتشكل الجير الحي، ويحتوي الجير على 10% إلى 16% من المواد الطينية[97].

---

[94]- George Torraca, **op.cit.** P 67.

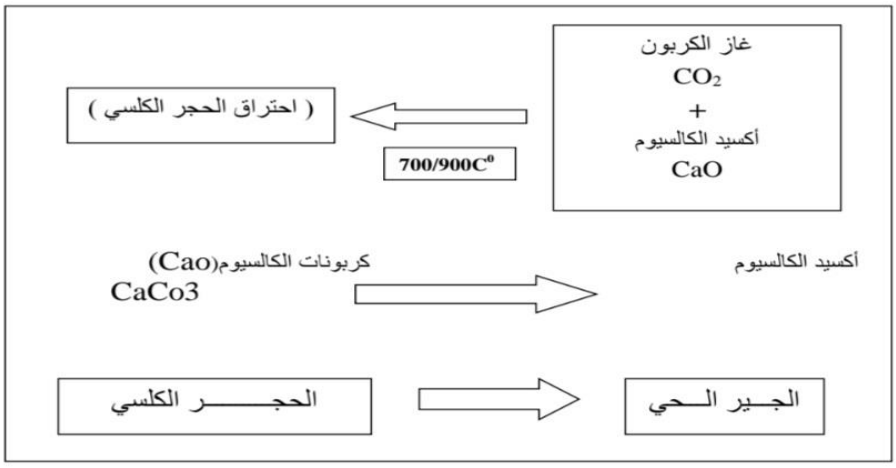
[95]-, Ibid**.** P 67.

[96] - Ibid**.** P 67

[97]-Froidevaux(Y.M),**Technique de l'architecture ancienne: Construction et restauration,** Mardaga, Paris, 1985, P 40.

أ/- طريقة تحضير الجيـــــر:

ويتم تجهيز الجير في درجات حرارة عالية، تبلغ درجة الحرق اللازمة لهذه العملية مابين (900 – 1000°م) في أفران خاصة يستخرج بعدها الناتج ويترك لفترة معينة، وهو ما يسمى بالجير الحي والذي لم يعد بعد صالحا للاستعمال، لذلك يترك للتخمر داخل الماء أو داخل حفرة لمدة أسبوع أو اثنين، بعدها يزداد حجم الجير بنسبة 20%[98]. وذلك طبقا للمعادلات الكيميائية التالية[99].



الشكل(1): يمثل كيفية تجهيز الجير الحي[100]

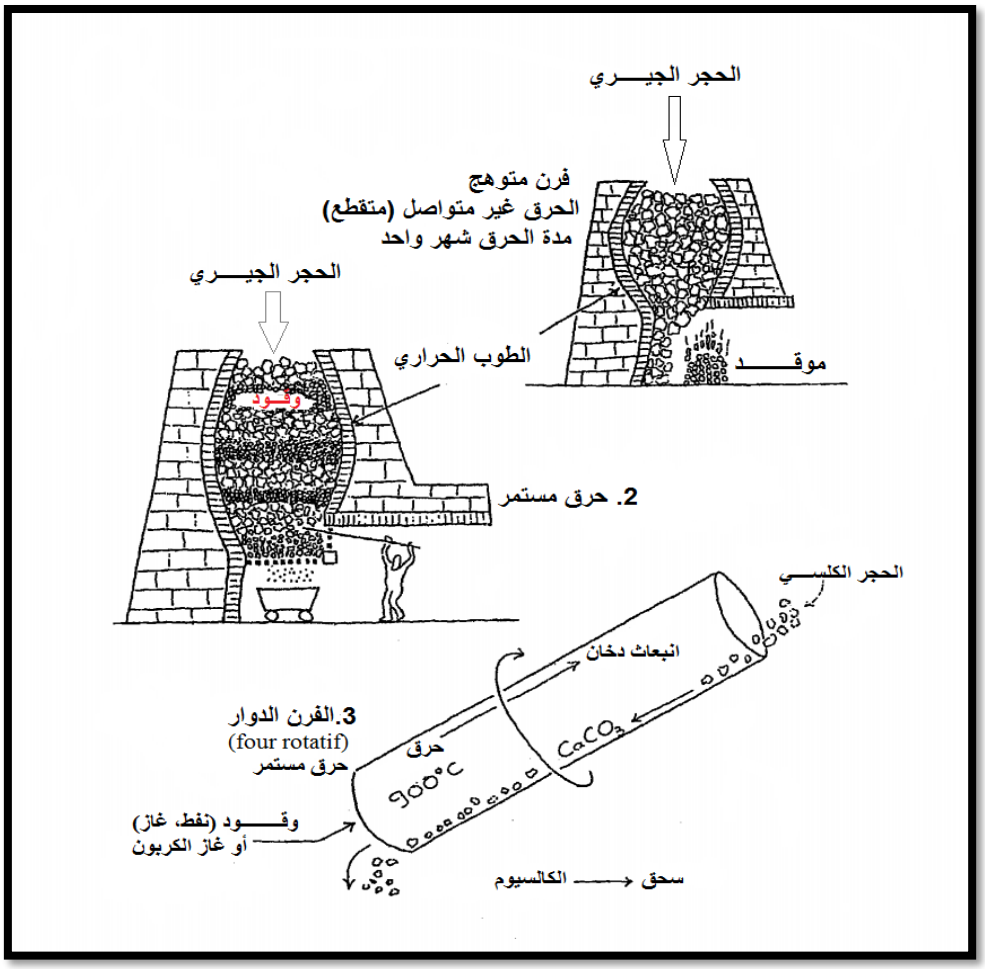
والجير الحي الناتج بعد عملية الحرق يخلط مباشرة بالماء في الحال ثم يستخدم مباشرة حيث يتصلب بسرعة[101].

[98] - Nachtergal (C), **op. Cit.**, P 03.

[99]- جيورجيو توراكا،**المرجع السابق**، ص 145.

[100]- نفسه، ص 145.

[101] - نفسه، ص 154.



الشكل (2): أنواع أفران صناعة الجير(بتصرف)[102]

ب/- كيفية إطفاء الجير:

عملية إطفاء الجير هي عملية تفاعل بين الجير الحي والماء وهذا يتضح من خلال المعادلة الآتية:

$$CaO+H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

ويتم إطفاء الجير في حفر تسمى: حفر الجيرحيث يمكث عدة شهور أو عام كامل وكلما طالت فترة إطفاء كلما تحسنت خواصه، حيث أن طول فترة الإطفاء تسهل النمو الصفائحي لبلورات الجير وتحسن من خاصية اللزوجة في عجينة الجير[103].

[102]- جيورجيو توراكا، **المرجع السابق**، ص 146. بتصرف: قمت بالتعديل في الشكل وإضافة شروحات أكثر.

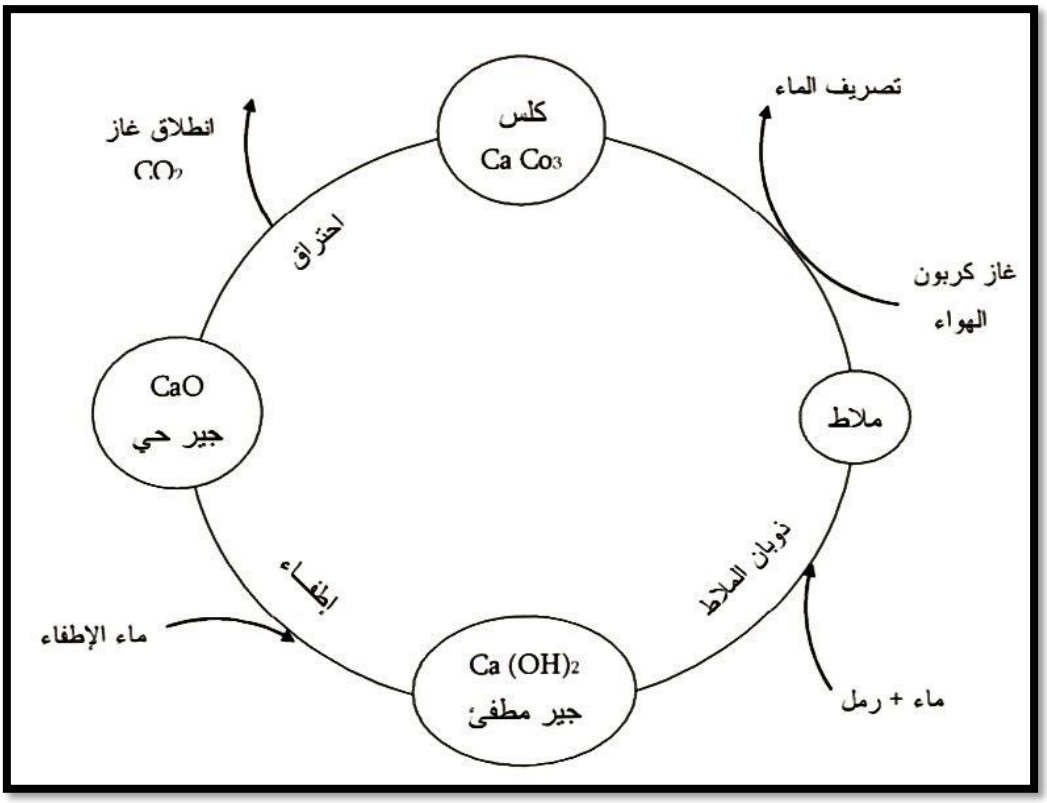
ويلاحظ أن الجير المطفأ لا يستخدم وحده، لكن دائما يستخدم معه مادة مالئة لكي يمكن تجنب التشققات[104].

ج/- عملية تصلب الجير:

تحدث عملية تصلب الجير المطفأ عن طريق تفاعل ثاني أكسيد الكربون الجوي مع الجير وتبخر الماء وفق المعادلة التالية[105]:

من الهـــــواء ⟵ **تبخـــر**

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow Ca\,CO_3 + H_2O$$



الشكـــل: (3) دورة الجيـــر(école d'Avignon, p28)

---

[103]- جيورجيو توراكا،ا **لمرجع السابق** ، ص 147.

[104]- نفسه، ص 148.

[105] - نفسه، ص 148.

3.2.4.الطيـــن(الغضــار):

تعتبر مادة الطين من أقدم مواد البناء التي عرفها الإنسان واستخدمها في إنتاج عمارته الأولى في عصور ما قبل التاريخ وبعد انتقاله من الكهوف والمغارات في الجبال إلى السهول والوديان والهضاب[106].

توجد تعاريف عديدة لمصطلح الطين، حيث يمثل مجموعة أصناف وأنواع فلزية أو عائلة صخور أو صنف تربة أو درجة تحبب..... إلخ[107]، الطين هو سيليكات الألومين المميه، بنية الوريقة تصنف مع عائلة السليكو ألومين الفيليتية (Silico-alumine phyllitheux)[108]، وقد يحتوي على أنواع مختلفة من الفلزات[109]، وبنسب متغيرة[110] والتي تكسبه ألوانا مختلفة مثل الأسود و الأبيض، الأصفر، الأحمر[111].

---

[106]- عبد الرقيب طاهر، **الخصائص والقيم المعمارية لعمارة الطين في اليمن**، مؤتمر الحضارة الإنسانية من المغارة إلى العمارة،دراسات وبحوث المؤتمر، جمعية بيروت التراث، 6-7 نوفمبر 2001 م، ص105.

[107] - Jérôme Gaombalet ,**le gonflement des argiles et ces effets sur les ouvrages souterrains de stockage** , thèse de doctorat :docteur de l'école de polytechnique, en mécanique, 2004, Paris, P29.

[108] - Kafra Traore,**Frittage à basse température d'une argile Kaolinitique du Burkina Faso, transformations thermiques et réorganisation Structurales**, thèse de doctorat, université de limoyen, faculté des sciences et techniques, France, 2003, P 4.

[109]- يوسف التوني، **معجم المصطلحات الجغرافية**، دار الفكر العربي، 1977، ص 336.

[110]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 597.

[111]-Olivier(R),**Materiause de construction**, T2, E.M.E , Paris, 1978, P17.

تكون فلزات معادنه جد صغيرة فهي أقل من 2 مكرون[112]، منظمة على شكل طبقات مسطحة لا نهاية لها، مكونة لوحدات بنيوية ثمانية ورباعية الأضلع متصلة في ذراتها حيث يشترك هذا النوع من البنية في خصائص فيزيوكيميائية جد خاصة تشرح قدرة الطين على منح تبادلات عديدة من الكاتيونات والأيونات في الشبكة [113].

الطين مادة رسوبية تنتج من تفكك وتآكل وتلف الصخور عن طريق ثلاث آليات، أولها الآلية الميكانيكية حيث نتحصل على الطين عن طريق عمليات الحت والتعرية و التجوية التي يتعرض لها السطح الخارجي للصخرة بمساعدة عوامل طبيعية أهمها الريح والماء والحبيبات الخشنة الصلبة كالرمل، أما الآلية الفيزيائية فتعتمد أساسا على التغيرات المتكررة والمتناوبة لدرجة الحرارة بحيث أن التمدد الذي يحدث للصخرة جراء ارتفاع حرارة الجو ثم تقلصها بفعل انخفاض هذه الأخيرة يعمل بشكل بطيء وفي زمن كبير على إحداث تشققات وتصدعات في الصخرة ومنه إلى تفككها وسقوط أجزاء منها أما الآلية الكيميائية فتقوم على الاتصال المباشر للصخرة بالماء الذي يسمح بتآكلها وتفتتها إلى جزيئات متناهية في الصخرة[114]، كما أن تأثير العوامل الجوية المختلفة تعمل على تخريب مواد البناء وتفقدها مزاياها وتفقدها الترابط الداخلي لجزيئاتها، وأيضا التأثير المتبادل لمادة ما مع الماء أو محلول معين يؤدي إلى تغير درجة الانحلال أو الذوبان بحسب بنية المادة وتركيب المحلول ودرجة الحرارة[115].

يحتوي الطين على الماء في صورتين، يكون في الأولى خالصا ممتزجا بالطين (وعلى هذا الماء تتوقف لدونة الطين)، ويكون في الثانية متحدا إتحادا كيميائيا. وعندما يجف الطين يخرج الماء الأول الذي يتخلل رقائق الطين وتفقد المادة ليونتها ولدونتها مؤقتا، فتصبح صلبة وهشة في آن واحد، غير أنها إذا بللت بالماء امتصته وعادت إليها لدونتها،

---

[112] - Torraca (G), **op.cit**.,P 97.

[113] - Kafra (T), **op.cit**.,P 04.

[114] - Torraca (G), **Op.cit**. 97.

[115] - محمد راتب سطاس و اندرواس مسعود، مواد البناء واختبارها، الديوان الوطني للمطبوعات الجامعية، الجزائر، 1992، ص26.

أما إذا سخن الطين تسخينا أشد أو أحرق فإن الماء المتحد يخرج هو الآخر، وعندئذ تصبح المادة شديدة الصلابة وينعدم كلية تأثير الماء فيها، وإذا بللت لا تعود إلى حالتها الأولى من اللدونة[116].

4.2.4. المثبتات والمخشنات:

هي مواد معدنية صادرة من تفكك الصخور الطبيعية، تكون على شكل حصيات أو قطع صغيرة من الصخور المتكسرة، أو رمل أو حصى وأحيانا أحجار ذات حجم صغير أو متوسط، تدخل في تركيبة الملاط لتعطيه مقاومة أفضل، كما تعمل على إنقاص ظواهر الانكماش، أي تساعد على المسامية .

- **أصناف المـــواد المالئـــة:**
  - **الحصـــى:(Cailloux)**

هي صخور فتاتية على شكل حطام أو فتات من حجارة ذات مقاسات صغيرة وتتراوح مقاساتها من 30 ملم وقد يصل حجمها إلى 60 ملم تنقسم صخور الحصى إلى قسمين أساسيين:

- **صخور المدملكات**: وتمتاز بحبيباتها المزواة وهي أقل أنواع صخور الحصى شيوعاً، وغالباً ما توجد برفقة الفوالق وتدعى بالمدملكات التكتونية، وكذلك في ركام الأنهيارات الصخرية (screes) وتدعى.(scree breccia)
- **صخور الرواهص**: وهي صخور الحصى ذات الحبيبات المستديرة، وتمثل أكثر أنواع الحصى شيوعاً[117].

---

[116]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 597.

[117]- Ecole d'Avignon, **Op.cit.,** P 47.

- **الحصبـــاء (Gravier) :**

هي فتات أو ركام يتكون من خليط من الرمل والحصى يتراوح حجمها مابين(5 إلى 70 ملم^3)، يمكن أن يكون الحصباء طبيعيا أو يعاد تشكيله، أو يتم معالجته باستخدام مواد رابطة هيدروليكية أو جير أو المواد الرابطة الهيدروكربونية [118].

- **الرمـــــل:**

يمكننا تعريف الرمل من حيث وصف الصخور بأنه صخرة رسوبية غير متماسكة مؤلفة من حبيبات يتراوح طول الواحدة منها بين 2 ملم و 20 ميكرون[119]، ومنه يمكننا القول بأنه عبارة عن مزيج حُبيبي مفكك لمختلف أنواع الصخور[120]، يصنف الرمل حسب تركيبه المعدني (الرمل الكوارتزي، الغلوكونيتي، الفلدسباتي....) أو حسب الكائنات الموجودة فيه (رمل مرجاني، رمل صدفي...) أو حسب أصله وترسبه (رمل بحري، نهري، ريحي، محيطي).

أما في علم دراسة الرواسب فهو جزء مؤلف من حبيبات إحدى الرواسب وجزيئاتها تتراوح بين 2 ملم و500 ميكرو متر والرمل الناعم بين 500 ميكرو ميليمتر و 200 ميكرو متر[121].

ومن خلال ما سبق نميز نوعين من الرمال، إذ توجد الرمال المتراكمة بفعل الرياح أو المتراكمة بفعل المياه، سواء في البحر أو في الكثبان أو الصحراء[122].

---

[118] - Olivier(R),**Materiause de construction** ;Paris, 1960 **,** P 683.

[119]- بيار جورج، **المرجع السابق**، ص 406.

[120]- هزار عمران، جورج دبورة، **المباني الأثرية ترميمها**، منشورات وزارة الثقافة، دمشق ،1997 م، ص 159.

[121]- بيار جورج، **المرجع السابق**، ص 406.

[122] - Komar (A), **Op.cit**.,p 37.

- **رمـــل المـــــلاط:**

يتغير رمل الملاط من حالة إلى أخرى، حسب نوع وطبيعة الحجر الذي يوضع عليه بالإضافة إلى المناخ والمكان الذي سينجز عليه الملاط، يعتبر رمل الوديان أحسن أنواع الرمل إذ يكون الأكثر نقاوة من الشوائب والأملاح[123].

- **المـــــاء (H_2O):**

يعتبر الماء من أهم العناصر المكونة للملاط، إذ أنه يضمن التحام وترابط مكوناته، حيث ينقل الخليط من الحالة الجافة إلى الحالة اللدنة، إضافة إلى ذلك يلعب الماء دور المحفز من خلال انحلال غاز الكربون[124].

- **المـــاء و المـــلاط:**

للماء دور فعال للحصول على ملاط جيد للاستعمال ولديه ثلاثة أدوار أساسية تضمن اللدونة (مرونة) الخليط المسحوق (مادة لاصقة رمل) حيث تساهم المياه في عملية تكوين للجير وتضمن انحلال الغاز الكربوني.

وأكثر المياه مناسبة للقيام بعملية الخلط تتمثل في المياه الصالحة للشرب وبذلك يجب علينا تفادي الاستعمال العفوي للمياه. ومن بين المياه التي يجب تفاديها المياه غير الصافية، المياه السلفاتية، وخاصة مياه البحار لاحتواء هذه الأخيرة على أملاح تساهم في تلف وتدهور الملاط[125] .

- **المـــواد المساعـــدة:**

هي مواد تضاف بنسب قليلة للملاط، حيث تعمل هذه المواد على تحسين خواص الملاط وتستعمل كعامل تماسك، وتعمل أيضا على تأخير عملية القبض، وتثبيت الأصبغة، وكذلك

---

[123]- Ecole d'Avignon, **Op. Cit**, P 51.

[124]- Ibid, 56.

[125] - المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، **تقنية معمارية، خواص واختبارات مواد المواد**، المملكة العربية السعودية، ص ص 50-51.

يعمل على مقاومة الدهان، وتم تطويرها وتنويعها على مر الزمن، فمنها ما هو عضوي كالزيوت والشحوم والحليب ومشتقاته والراتنجات والشمع والتبن، الشعر، الخل والخمر.....إلخ، ومنها ما هو معدني كالصلصال والفخار والطين[126].

3.4.تحضيــر الملاط:

لقد عرفت لنا المصادر القديمة مكونات الملاط بأنه عبارة عن مزيج من الكلس Clax ومخشنات Agrégat أهمها الرمل[127]، أما عن كيفية تحضير الملاط فبعد الانتهاء من تحضير الكلس (المسيك أو المادة الماسكة Liant) تضاف إليه المادة الصلبة (Agrégat) التي تكون في غالب الأحيان عبارة عن رمل منزوع من الأملاح بعد غسله بالماء، يتم تحضير الملاط بمراعاة بعض النسب حيث تقابل كل ثلاث مقادير من رمل المحجرة أو مقدارين من الرمل البحري أو النهري مقدار واحد من الكلس عند صنع الخليط وتعتبر هذه النسب هي الأفضل لتحضير هذا الخليط، ويستحسن إضافة 4/1 مقدار من المواد المالئة مثل مسحوق لقطع فخارية أو من القرميد للمزيج الذي تكون به مقدارين من رمل النهر، في حالة استعمال البوزولان « Pouzzolane » يجب استعمال مقدار واحد من الكلس مقابل مقدارين من البوزولان أما نسبة الماء المستخدمة لكل هذه الحالات من 15 إلى 20 بالمائة[128].

4.4. دور المــــلاط:

يستعمل الملاط كمادة تضمن التلاحم الجيد للمواد، كما يلعب دور عازل للجدران عند العوامل الخارجية المحيطة، كما يستعمل لصيانة المباني لأنه يساعد في بعض الأحيان على تأخير تهدم البناء، بالإضافة إلى الدور الجمالي والتزييني الذي يلعبه، ولعل أهم خاصية يتميز بها أنه يمكن الباحثين من دراسة البيئة المحيطة التي بني فيها المعلم.

---

126 - Ecole d'Avignon**, Op.cit**, 56.

127- Galli(G),**La Mosaïque**, Ed Ulysse, Paris, 1989, p 44.

128- Adam(J-P**), La Construction romaine**, Ed. Picard, Paris, 1989, P 78.

5.4. أنواع الملاط المستخدمة في المباني الأثرية:

أ/- مـــلاط الطيـــن:

مكون من الصلصال والرمل[129]، تستعمل فيه نفس طريقة تحضير الطين إلا أن نسبة الماء تكون أكثر نوعا ما، ويضاف له الرمل ويترك ليختمر عدة أيام ثم يصبح جاهزا لطلاء الجدران.

يمكن تمييز نوعين منه: أحدهما خشن، ويكون في الأغلب مخلوطا بالتبن (المقرط المهروس) و الثاني من صنف أفضل وكان يستخدم إما مخلوطا بالتبن وإما بدونه، وكان يستعمل غشاء متمما للنوع الخشن.

وكان النوع الخشن يصنع من الطمي العادي، الذي يتكون في مجمله من خليط من الطفلة الطينية و الرمل بنسب متفاوتة مع قدر ضئيل من كربونات الكالسيوم ونسبة قليلة من الجبس في بعض الأحيان.

أ/- 1. الطفلـــة الطينيـــة:

هي عبارة عن معادن تكونت بواسطة التجوية المناخية لأنواع مختلفة من الصخور، هذه المعادن تتكون بصفة أساسية من:

- أكسيد السيلكون ويسمى أيضًا سيلكا Silica (Sio_2).
- أكسيد الألمنيوم ويسمى أيضًا ألومينا Alumina (Al_2O_3).

وبلورات معادن الطفلة صغيرة جدا أقل من 2 ميكرون، وغالبا تأخذ شكل قريب من السداسي وكل بلورة تتكون من عدة مئات من الرقائق السداسية[130].

---

[129]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 123.

[130] - جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**، ص 197.

أ/-2. كيفيــة تحضيــر الطفلــة الطينيــة:

استخدمت في أغلب المباني المشيدة من الأحجار والياجور، مازالت تستخدم حتى وقتنا الحاضر، وذلك لسهولة الحصول عليها، ورخص تكلفتها، ولصلاحيتها الكبيرة، كما أنها لا تحتاج إلى خبر ة، بل يمكن تحضيرها في موقع المبنى نفسه، ويتم تصفيتها من الشوائب والأحجار، وبعد ذلك تعجن بالماء مع إضافة كمية مناسبة من القش والأعشاب الصغيرة، ونسبة قليلة من الرماد، وفضلات الحيوان، ثم تخمر، وبعد ذلك تكون جاهزة للاستخدام[131].

ب/- مــلاط الجــبس:

يحضر من الحجارة الهشة (الحجارة الجيرية أو الرملي) بعد تطويعها في أفران تقليدية تحت درجة حرارة 200 درجة لمدة 24 ساعة، وهذه العملية قديمة في المجتمعات القديمة[132].

يستعمل الملاط الجبسي لتهيئة جدران المنازل و القصور و المقابر و المعابد و سقوفها للتصوير و النقش عليها . وكان الطين يكسى عادة بملاط الجبس.

وفي حالة عدم استخدام ملاط الطين، كان ملاط الجبس يستخدم لستر عيوب الجدران و تسوية سطوحها قبل التصوير و النقش عليها.

ج/- مــلاط الجيــر:

يستخرج من الحجر الجيري بعد تطويعه بالنار تحت درجة تفوق درجة تطويع الجص، يضاف له الماء وتطلى به الجدران، كما يستعمل كسائل لتبيض الجدران، والزخرفة به أيضا.

---

[131]- يوسف توني، **المرجع السابق**، ص 336 .

[132]- ابن الإخوة (محمد بت أحمد القرشي)، **معالم القرية في أحكام الحسبة**، دار الفنون، كمبيرج، 1937م، ص 236.

يعتبر الرمل هو المالئ النموذجي في مونة الجير، ويجب غسل الرمل جيدا قبل استخدامه وذلك للتخلص من الأملاح التي قد تسبب ظاهرة التزهر(Efflorescences) وأيضا لإزالة الطفل والمواد العضوية التي تسبب في بطئ عملية الشك[133]

توجد بعض الحالات التي استخدم فيها الجير كملاط، وكان فيها عبارة عن غشاء رقيق يتألف في جوهره من كربونات الكالسيوم التي قد تحتوى، على حد قول ألفريد لوكس، على أثر من الجبس أو لا تحتوى على شيء منه، على أن الجبس قد يكون مجرد شائبة بالجير، إذ أن البياض الجيري يلتصق بالحجر بدرجة كبيرة، ويلتصق بالطين بدرجة أكبر، دون حاجة إلى مادة رابطة، الأمر الذي لا يتطلب إضافة الجبس إليه.

د/- مـــلاط الراتينـــج:

الراتينج أو الراتين هي مادة لاصقة، كانت تستعمل في مصر القديمة ويرجع استعمالها إلى العصر النيوليثي[134]، ويرجع تاريخها إلى الأسرة الثالثة، وقد استعمل مخلوط من الراتين وحجر المرمر كمادة لاصقة على تابوت من الأسرة الرابعة بسقارة، و أستخدم أيضا في تثبيت المسامير المعدنية الخاصة بالتابوت الجرانيتي للملك خفرع (الأسرة الرابعة)[135].

كما وجد بسقارة ملاط من الراتيج والحجارة الجيرية المسحوقة عالقة بكتل التبليط من الدريوريت، وقراميد من الزليج[136].

يمتاز ملاط الراتينج بمتانة ممتازة، مقاوم للعوامل الجوية (مياه الأمطار، درجات الحرارة)، كما أنة يمتاز بمقاومة عالية للمذيبات والعديد من المواد الكيميائية[137].

---

[133]- جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**،ص 148.

[134] - ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 12.

[135] -نفسه، ص 14.

[136] -Cecil Mallaby Firth, James Edward Quibell, Jean-Philippe Laucer, Égypt, Maslahat al athar, Editeur: le Caire, impr de l'institut français d' archéologie, 1935, P 127.

[137] -عادل محمد سويلم، **المرجع السابق**، ص72

كان الراتينج يستعمل ملاطا أحيانا، وقد أشار منتيه « Mentih » إلى "...حوائط ملاطها من الراتينج..." في مبنى بتانيس من العصر الفارسي المتأخر أو البطلمي المتقدم[138].

II تقنيات ووسائـــل البنـــــاء المستعملـــة:

نظراً للظروف المناخية السائدة وتوزيع المواد الخام المستعملة قديما في البناء ولاعتماد السكان على مصادر قريبة ومحلية لمواد البناء قبل عصر الصناعة والآلة حتّم كل ذلك على الحرفي المهندس التقليدي الاستجابة بشكل مباشر لهذه العوامل الطبيعية وتحددت المواد التي من الممكن استعمالها بما تجود عليه الطبيعة بالقرب منه وبشكل تلقـــــائي مع بعض المعارف البسيطة في علم الهندسة تشكل أسلوب التنفيذ وتبلور الطابع المعماري كاستجابة الإنسان مع الطبيعة

يتم اختيار مواد البناء طبقا لمميزاتها وخواصها الميكانيكية والنواحي الوظيفية والجمالية والمتانة والديمومة.

تختلف مواد البناء من بيئة إلى بيئة وباختلاف مكوناتها الأصلية، ولديها القدرة والخواص على الاحتفاظ بالحرارة أو منع اكتسباها وهذا يعتمد على تكوينها وسمكها وكذلك سطحها ولونها.

إن دراسة تقنية البناء يتضمن الدخول في تفاصيل تتعلق بطريقة التنفيذ و دراسة المادة المستخدمة في البناء و مدى توفرها في البيئة المحلية و أسلوب تحضير هذه المواد وإعدادها لتكون صالحة للاستعمال.

يمكننا تعريف تقنية البناء معماريا بأنها طريقة تجميع مواد البناء إلى بعضها البعض، وكيفية تداخلها، كما تعتبر أول عنصر يعطي للمبنى مظهره المعماري الخاص[139].

---

[138]- ألفريد لوكاس، **المرجع السابق**، ص 123.

[139] - Martin (R.), "**L'appareilarchitecture", Encyclopedia universalis**, T.2, Paris 1990, p 670.

و تتبع في البناء تقنيات متعددة حسب مادة البنـاء تعددت التقنيات المستخدمة في العمارة حسب مادة البناء المستخدمة ووضعيات تثبيتها و أغراض البناء[140]، تكون الحجارة بشكل عام على شكل قطع كبيرة غير مشذبة يتم تشذيبها و إعدادها لتصبح نظامية بشكل متوازي المستطيلات و تكون جاهزة للاستخدام .

1. تقنيات البنـــاء في الحصن:

بنيت الجدران الحاملة بتقنية (Besaces) يعتمد هذا البناء على التناوب بين قطع الحجارة حيث توضع قطعة بـ (Panneresses) والقطعة الأخرى بـ (Boutisses)[141] يطلق على الطوب اسم (panneresse) عندما يتم وضعه بالطول في البناء تعرف هذه التقنية بالرأس عندما توضع بشكل متعامد على الواجهة، بحيث تظهر فقط جانبها الصغير[142]، أما الدعامة (Boutisses) عبارة عن حجر أو لبنة موضوعة في جدار، بحيث يكون الوجه أقل وضوحًا، أحد نهايته هو الظاهر الوحيد، تسمح المعدات بالحجر بطول أكبر في جسم الجدار.

وبالتالي يتم وضع الرؤوس في اتجاه طولها والمسافة التي تفصلها عن بعد عبر سماكة الجدار[143]، أما بالنسبة للقناطر والأقواس والأفاريز والجدران البينية فبنيت من الآجر و الأسقف بنيت على شكل قبيبات (Voutain) من الآجر هي الأخرى.

---

[140]- Lavenu (M.) et Mataouchek(V), **Dictionnaire d'architecture,** Ed. Gisserot, Paris 1999, p. 8.

[141]- Barbier(M), **Dictionnaire technique du bâtiment**, Edition Eyrolles, 1982, P16.

[142]- http://www.irismonument.be/fr.glossaire.definition.Panneresse__boutisse.html

[143]-https://www.meubliz.com/definition/boutisse/

- ما يجب أن نذكره وهو أن نمط البناء في حصن بوسكارين من خلال ملاحظتنا للرسومات والألواح لأسوار وحصون مدينة الأغواط أن نمط البناء يتبع عمارة القصور الصحراوية ذات الطابع الإسلامي حيث نجد تشابها بين شكل المنارة والأبراج لمساجد قصور مدينة غرداية حتى الأقواس والقناطر التي أخذت تقنية شكل حدوة الحصان .

2. تقنيات البناء المستعملة موقع ملاكـــــو:

نلاحـظ التقنيــة المسـتعملة فــي بنــاء موقــع ملاكــو هــي التقنيــة الإفريقيــة التــي انتشرت في شمال إفريقيا بشكل كبير.

استعملت التقنية الإفريقية (Opus Africanum)، عرفت بشكل كبير في شمال إفريقيا، وتعتمد هذه التقنية الإفريقية على رص الحجارة المنحوتة عن طريق وجود كتلتين صخريتين مستطيلتين وتتوضعان بالتناوب عموديا ثم أفقيا وتلعب دور دعامات، أما وسطها فهي محشوة بالدبش متعدد الأحجام.

3. وسائـــل استعمـــــال المـــلاط:

تختلف وسائل استعمال الملاط من منطقة لأخرى حسب المواد الأولية المتوفرة وحسب الاحتياجات.

1.3. حصـــن بوسكاريـــن:

تتطلب عملية تلبيس طبقات الملاط إلى يد ماهرة بجانب أدوات بدائية مستعملة من طرف الحرفين مثل استعمال مسجات لملط الجدران بشكل متناسق ومتناسب ويكون خشن نوعا ما في حال العمل بالعرجون الأمر الذي يساعد تماسك الطبقة الموالية بالأولى و هذه التقنية (العرجون) نجدها منتشرة في المدن الصحراوية التي يكثر فيها النخيل.

2.3. مـــوقع ملاكـــو:

لقد بينت الأبحاث الأثرية التي أجريت في الموقع عن وجود مسجة (Truelle) تم العثور عليها أثناء عملية التنقيب من طرف فريق البحث، هذه الأخيرة تستعمل في عملية تلبيس الجدران بالملاط وتمليسها للحصول على سطع متماسك ومتناسق

وهذا إن دل فهو يدل على الاهتمام بعمليات الإنشاء والبناء في تلك الفترة.

خلاصة الفصـــل:

تعتبر مادة البناء من العوامل الأساسية التي تؤثر على جودة المباني وقوتها وقدرتها على تحمل الظروف البيئية المختلفة، و كذلك الخواص الطبيعية لمواد البناء والتركيب الكيميائي والفيزيائي، لتشكيل موادها يحدد مسارها وقدرتها على التحمل، كما أن طريقة صنعها والتدخلات المباشرة تتحكم في قوتها ومتانتها وصمودها أمام التغيرات البيئية التي تواجهها.

ما يمكن قوله أن الإنسان استطاع التعامل مع قوانين الطبيعة، و ابتكر حلولا باستعمال الحجارة ومختلف المواد الأولية الموجودة في الطبيعة.

الفصل الثالث

دراسة عوامل تلف الملاط

وطرق حفظه وصيانته

تتعرض المواقع والمعالم الأثرية إلى جملة من عوامل التلف المختلفة باختلاف المواد المكونة لهياكل بنائها، والمناخ المتواجدة فيه فالبيئة تلعب دورا مهما و بارزا في التأثير على تدهور وتلف المواقع الأثرية، مما يجعل المواد المكونة للموقع خاصة الحجارة والتي تحتوي في تركيبها على المعادن والتي تتمدد وتتقلص باختلاف درجات الحرارة، وهذه الحركة تؤدي بمرور الزمن إلى انشقاق الحجارة وبالتالي تلف الملاط الرابط، أما المواقع الموجودة في بيئة غير قاسية مثل موقع ملاكو، فإن الرطوبة المحملة بالأملاح تؤدي إلى تزهر الأملاح فوق سطح الحجارة والملاط بالإضافة إلى بعض الأعشاب الضارة والطحالب التي تسمح الرطوبة بتشكلها وسرعة نموها مما يساعد على رفع وتيرة تلف هياكل بناء مختلف معالم الموقع و انهيارها لما تسببه من ضرر سواء كان كيميائي (إفرازات مواد تساعد على تدهور المعلم وهشاشته) أو جذور النباتات التي تخترق المعلم، كما لا ننسى أن البيئة المحيطة بالمعلم تتحكم في طبيعة المواد المستعملة في البناء لهذا نجد المعماريون أو البناءون دائما يجلبون المواد الموجودة في المنطقة والتي تقاوم الظروف البيئية المحيطة، بالرغم من هذا فإن هذه المواد لا تسلم من المناخ المحيط بها وتتأثر به و يؤثر عليها، لهذا سنقوم بدراسة عوامل تلف الملاط الموجود بكلا من الموقعين حصن بوسكارين بمدينة الأغواط جنوبا وموقع بترا بمدينة بجاية شمالا.

1. عـــوامل تلف المـــلاط:

يتأثر الملاط بمختلف العوامل الطبيعية كغيره من المواد، فاستعماله للبناء وكذا للطلاء يصبح عرضة للتلف مع مرور الزمن، ويظهر ذلك جليا على واجهات البنايات والمعالم الأثرية المشوهة والمتلفة، حيث تصل درجة التلف من التشققات في الجدران إلى الزوال الكلي للتمليط وأحيانا إلى الانهيار الجزئي أو الكامل للمبنى.

أ- العوامـــل الداخليـــة:

وتشمل كل ما يتعلق بالخواص الكيميائية والطبيعية للحجارة او الصخور مثل تركيبته الكيميائية والبلورية ومساميته ونفاذيته وصلابته والمواد الرابطة الداخلة في تكوينه وقوة تحمله[144].

يمكننا القول أن بناؤوا المنطقة اختاروا حجارة البناء الصغيرة المجلوبة من واد الصومام والتي تمتلك سطح خارجي أملس الأمر الذي لا يسمح لها بامتصاص ماء الملاط أثناء بناء هياكل الجدران.

وهذا راجع لسوء اختيار مواد البناء وعدم إتباع معايير البناء عند التأسيس، والأخطاء الإنشائية و في التصميم، تعتبر الأساسات هي العنصر الأهم في أي منشأة وهذا يتطلب إعطاءها أهمية خاصة فالعديد من الانهيارات ناتجة عن مشاكل في الأساسات.

ب- العوامـــل الخارجيـــة:

1. العوامل الطبيعية:

الناتجة عن التقلبات الطقسية، فارتفاع درجات الحرارة أو انخفاضها وشدة الرياح تؤدي إلى عملية الحت الذي يلحق أضرارا كثيرة بالمعالم الأثرية، تساقط الأمطار بغزارة ولمدة طويلة في بعض الأحيان يتسبب إلى انجراف التربة التي تقوم فوقها المعالم الأثرية أو ارتفاع نسبة الرطوبة النسبية فيها تلحق أضرارا كبيرة، كما أن ارتفاع نسبة المياه الجوفية ونسبة مياه البحر خاصة في المدن الواقعة بالقرب من البحر، أما السيول فتسبب انجراف التربة وتخللها.

[144] - محمد عبد الرؤوف الجوهري، المؤثرات البيئية على المواقع والمباني الأثرية، مصر، 2018، ص12.

1.1. الرطوبة بمختلف أشكالها:

من الحقائق الثابتة أن المباني الأثرية الموجودة في المناطق الجافة قليلة الأمطار تكون أكثر بقاءاً و أكثر ثباتا وتماسكا من تلك التي توجد في المناطق الرطبة غزيرة الأمطار[145].

يؤثر الماء والرطوبة النسبية* سلبا خاصة في المناطق الساحلية على الملاط، عند ارتفاع درجة الرطوبة النسبية بفعل الخاصية الشعرية تساهم هذه الأخيرة في تحلل وتفكك مكونات الملاط، بحيث تتسبب الرطوبة المرتفعة في إذابة جزء من كبريتات الكالسيوم، وتسرب المحلول إلى أماكن مختلفة من البناء ثم تبلور محاليله[146].

أما الأمطار فهي تسهل مراحل التلف، إما بتوغلها داخل الملاط باطنيا عن طريق المسام، أو خارجيا بفعل عملية الحت أي انتزاع بعض المواد المكونة له مما يؤدي إلى فقدان بعض خصائصه الكيميائية .

كما تساهم المياه الباطنية خاصة في المناطق الصحراوية بنفاذيتها محملة بالأملاح، عند امتصاص الجدران لهذه المياه الباطنية وبارتفاع درجة الحرارة تؤدي إلى تبخر هذه المياه وتبلور الأملاح على أسطح الجدران وبالتالي تؤدي إلى تآكل الملاط وفقدان صلابته وخواصه[147].

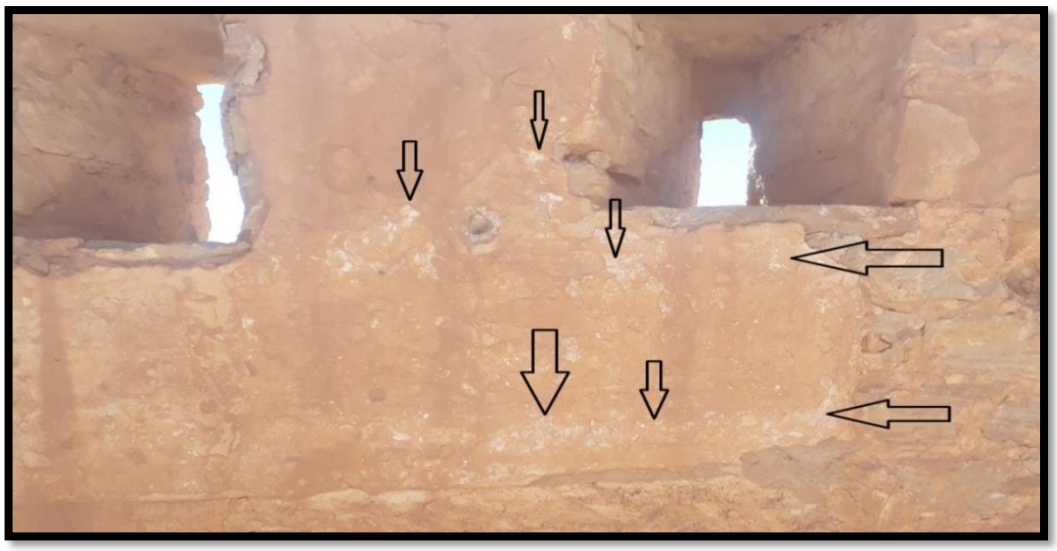
---

[145] - شاهين عبد المعز، **طرق صيانة وترميم الآثار و المقتنيات الفنية**، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر، 1993م، ص 172.

*- **الرطوبة النسبية:** الرطوبة النسبية: وهي النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء في درجة حرارة وضغط معيين حتى الوصول إلى درجة التشبع، وتتم حسابها بالعلاقة التالية: الرطوبة النسبية = ضغط بخار الماء الفعلي/ ضغط بخار الماء في حالة الإشباع × 100، وهنا لا بُدّ لنا أن نتطرَّق إلى ضغط بخار الماء، ويعرف ضغط بخار الماء في الهواء بأنه كمية الضغط الذي تنتجه كمية بخار الماء الموجودة في الهواء، في حالة الضغط الاعتيادي عند مستوى سطح البحر أنظر: محمود حامد محمد، **الميترولوجية**، القاهرة، 1946، ص 231.

[146] - شاهين عبد المعز، **المرجع السابق**، ص171 .

[147] - Collombet(R), **L'humidité des bâtiments anciens « causes et effets, diagnostic, remèdes »,** Editions du Moniteur, Paris, 1985, P 24.



الصورة(10): صعود المياه الباطنية على أسطح الجدران مشكلة طبقة متبلورة من الأملاح (حصن بوسكارين)

لتوضيح تأثيرات الماء بمختلف حالاته على ملاط المباني الأثرية نقوم بتقسيمها إلى عاملين، نقدم تفسير لهما كما يلي:

2.1. عوامل التلف الكيميائي:

تسبب الأمطار الغزيرة أخطارا جساما يصعب في كثير من الأحيان مجابهتها، ومن أخطار الأمطار والسيول تفكك مونة البناء وتساقط ملاط الحوائط وضياع النقوش والألوان وتحرك الأساسات وإذابة ونزح المواد الرابطة للحبيبات الكتل الحجرية وإذابة الأملاح وحملها إلى أماكن مختلفة من الجدران ثم تبلورها عند جفاف محاليلها مؤدية إلى تقشر الكتل الحجرية وتفتت سطوحها وسقوط ما تحمله من نقوش وكتابات وزخارف وحليات[148].

تكون الرطوبة في المناطق الساحلية محملة بأملاح بحرية، تؤثر مباشرة على مواد البناء، وتؤدي إلى تلفها.

3.1.عوامل التلف الميكانيكي:

[148] - عبد المعز شاهين، **المرجع السابق**، ص172.

تساقط الأمطار الغزيرة يؤدي إلى حدوث ثقوب على أسطح المباني مما يؤدي تفكك وضعف المادة الأثرية.[149]

كما أنه يساهم في تفتت الملاط وخاصة عندما تكون هذه الأخيرة تحتوي على عوامل حمضية وتعمل على الانتقال السريع للأملاح المعدنية الموجودة في الحجارة إلى سطحها، تمتص أغلب مواد البناء الماء مما يزيد في كتلتها وتعود بذلك خطرا على المبنى.[150] فنذكر مثلا: الانتفاخات أو التقببات على الملاط الخارجي الذي يكون متبوعا بسقوطه السريع، وأثناء الجليد يزداد حجم قطرات الماء المترسبة داخل مسامات الحجارة، فتصبح على شكل بلورات شفافة مما يؤدي إلى إحداث تشققات صغيرة للحجارة[151].

الماء المتسرب إلى مسام مواد البناء، والذي يتجمد عند درجة حرارة 0°م يعمل على تلفها إذ أن حجم الماء يزيد بمقدار 9% عند تجمده، ويطبق الجليد ضغطا عند هذه الدرجة، وفي هذه الدرجة يكون التلف بسيط بسبب الخواص المرنة للجليد لكنه سرعان ما يزداد عندما تنخفض درجة الحرارة[152].

---

[149] - Coque (R.), **La Géomorphologie**, Ed. Leroux, Paris 1977, p 72.

[150]- هزاز عمران، جورج دبورة، **المرجع السابق**، ص 75.

[151]- Tirraca(G), **Matériaux de construction poreux, science des matériaux pour la construction architecturale**, ICOM, 1986, P 26.

[152] - هزاز عمران، جورج دبورة، **المرجع السابق**، ص 75.

الصورة(11): انتزاع طبقة التلبيس نتيجة الفعل الميكانيكي للجليد (برج بوسكارين)

الصورة(12): نمو الكائنات الحية (موقع بترا)

4.1.الريـــــاح و العواصــف:

من أهم عوامل التعرية، وهي من الأسباب الرئيسية في عمليات هدم ونحر جميع المواد الموجودة على سطح القشرة الأرضية، ومنها بطبيعة الحال المباني الأثرية ويزداد فعل الرياح والعواصف في عمليات هدم ونحر المباني الأثرية

ضررا إذا حملت معها أثناء مرورها على سطح الأرض حبيبات الرمال ذات الصلابة العالية وتقدر سرعة الرياح وشدتها بمدى مقدرتها على حمل حبيبات من الرمال أكثر وأكبر حجما[153].

إن تأثير الرياح على المنشآت الأثرية يتلخص في أنها تؤثر بقوى أفقية متغيرة القيمة والاتجاهات تبعا لموقع المنشأ وقربه أو بعده من المناطق الساحلية[154].

وتكون الرياح والعواصف في قمة نشاطها وعدوانيتها في حالة مواد البناء الحجرية الرسوبية (الحجر الرملي والحجر الجيري) وكذلك مباني الطوب اللبن والواقع أن معدل تأكل المباني الأثرية بفعل الرياح والعواصف يزداد بدرجة ملحوظة إذا حدث وفقدت مواد البناء سواء كانت من الأحجار أو قوالب الطوب اللبن صلابة سطوحها نتيجة لوقوعها أزمانا طويلة تحت تأثير التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة في ساعات الليل والنهار وفي فصول السنة المختلفة أو نتيجة للتحولات الكيميائية والمعدنية التي تصاحب تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة[155] .

5.1. الأمـــلاح:

تعتبر الأملاح التي ينقلها الماء بالناقلية مدمرة، باختلاف درجات الحرارة في الليل والنهار، يتبخر الماء الذي نفذ عبر المسامات السطحية للملاط، تتشكل

---

153 - عبد المعز شاهين، **المرجع السابق**، ص 169.

154- خليل إبراهيم واكد، **تصميم المنشآت الخرسانية لمقاومة الرياح والزلازل**، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2006، ص 8.

155- عبد المعز شاهين، **المرجع السابق**، ص ص 169-170.

***- ملح الهاليت:** الهاليت هو صيغة معدنية لكلوريد الصوديوم (NaCl) المعروف شائعًا باسم الملح الصخري، ويكون الهاليت بلورات مكعبة والملح عادة ما يكون لونه من عديم اللون إلى أبيض، وأحياناً خفيف الزرقة، غامق الزرقة، وردي، أصفر، أو رمادي، ويعود اختلاف ألوان الهاليت إلى اختلاف نسب الشوائب ويتواجد بكثرة مع ترسبات معدنية تبخرية مختلفة مثل الكبريتات، الهاليدات والبورات. أنظر:

https://m.marefa.org/%D9%87%D8%A7%D9%84%D9%8A%D8%AA?fbclid=IwAR28aS_K4fx20OIHNBFAunDjJDeKxsXjc-wVHC-nZjfhjDqEVa_ZcqThHeI

طبقة بلورية من الأملاح، هذه الأخيرة تعمل على زيادة حجم الفلزات داخل المسام وبهذا تؤدي إلى انشقاق وتفتت للملاط.

كما يعتبر البحر هو المصدر الأساسي للأملاح في المواقع القريبة من البحر مثل: ملح الهاليت*، وهذه الأملاح تجد طريقها إلى مواد البناء في المباني الأثرية بعدة طرق وهي إما عن طريق الترسب الجاف للأملاح المعلقة في الهواء أو بالترسيب الرطب بواسطة الأمطار أو عن طريق ارتفاع الرطوبة من الأرض أو عن طريق تسرب مياه الأمطار من الأسقف[156].

6.1.الأمطـــــــار والسيـول:

من الحقائق الثابتة أن المباني الأثرية الموجودة في المناطق الجافة قليلة الأمطار تكون الأكثر بقاء وأكثر ثباتا وتماسكا من تلك التي توجد في المناطق الرطبة غزيرة الأمطار، فهذه الأخيرة خاصة الغزيرة والمتواصلة تسبب للمباني الأثرية والتاريخية، سواء ما هو مبني بالحجر أو ما هو مبنى باللبن أخطارا جساما يصعب في كثير من الأحيان مجابهتها، ومن أخطار الأمطار والسيول تفكك مونة البناء وتساقط ملاط الحوائط على سبيل المثال نذكر جدران الملحقة الجنوبية للحصن حيث تسببت الأمطار بتفكك وتساقط ملاط الجدران في الجز السفلي له[157].

وتختلط مياه الأمطار بالملوثات الجوية وعندما تتساقط فوق الأحجار ومواد البناء المختلفة التي تحتوى على كربونات الكالسيوم والماغنسيوم في الحجر الجيري والدولوميت والرخام ومون البناء والملاط وفي وجود حمض الكربونيك

156- عابد براك الأنصاري، منتهى خالد فرج، **تأثير العوامل الطبيعية على المباني التراثية "مدينة سامراء القديمة أنموذجا"- دراسة ميدانية -**، مجلة الملوية للدراسات الآثارية والتاريخية، المجلد 3، العدد 6، السنة الثالثة، ، 2016، ص 31.

157 - عبد المعز شاهين، **المرجع السابق**، ص 162.

تتحول هذه الكربونات إلى بيكربونات سهلة الذوبان في الماء، وعندما تتعرض هذه الأحجار ذات المسامية للبخر فإن طبقات الأحجار والمكونات المعدنية تفقد مياه الأمطار وتنكمش ويحدث خلل في التركيب البنائي الداخلي للأحجار ومواد البناء[158].

كما تساهم الأمطار والسيول بضياع النقوش والألوان وتحرك الأساسات وإذابة ونزح المواد الرابطة لحبيبات الكتل الحجرية وإذابة الأملاح وحملها إلى أماكن مختلفة من الجدران ثم تبلورها عند جفاف محاليلها مؤدية إلى تقشر الكتل الحجرية وتفتت سطوحها وسقوط ما تحمله من نقوش وكتابات وزخارف وحليات.

وقد تؤدي السيول القوية إلى جرف ما تصادفه أمامها من أبنية وأطلال قليلة المقاومة وتلحق الفيضانات أضررا بالغة بالمباني القديمة إذا أغرقتها لأمد طويل، وأخيرا فقد يحدث في بعض المناطق الجبلية، وخاصة الطفلية منها أو الرملية، وتحرك في التربة من جراء تشربها بالمياه، مما يعرض المباني لانزلاق يصعب إيقافه ويتم انزلاق المباني نتيجة لتخلخل التربة أو نزح بعض منها بفعل المياه[159].

7.1. التفاوت في درجات الحـــرارة:

من البديهي أن تكون الأسطح الخارجية للجدران، وهي الأسطح المعرضة للجو ولأشعة الشمس المباشرة، أكثر تأثرا بهذا العامل من الأسطح الداخلية، وخاصة في المباني المسقوفة، فعندما تتعرض الطبقات الخارجية للأسطح المكشوفة لأشعة الشمس المباشرة فإنها تمتص وتختزن طاقة حرارية عالية بفعل الأشعة تحت الحمراء، نتيجة لعجز مواد البناء بصفة عامة عن التواصل الحراري

---

158 - أيمن حسن حجاب، **تأثير الرطوبة على المباني الأثرية الإسلامية بمدينة القاهرة وطرق الصيانة المقترحة**، مجلة الاتحاد العام للآثاريين العرب، المجلد 16، العدد 1، القاهرة، 2015، ص68.

159- عبد المعز شاهين، **المرجع السابق**، ص 162.

ويؤدي اختزان هذه الطاقة الحرارية العالية إلى ارتفاع ملحوظ في درجة حرارتها، وغير أنه وعلى مدار ساعات النهار يتسرب جزء كبير من الحرارة المختزنة بالطبقات الخارجية للأسطح وببطء إلى الداخل وعندما يأتي الليل وينقطع المصدر الحراري وهو الشمس، تنخفض درجة الحرارة وتصبح الطبقات الخارجية أبرد من الداخل لكونها تفقد حرارتها سريعا نتيجة لاتصالها المباشر بالهواء البارد، هاتين الظاهرتين تؤديان إلى انفلاق داخلي وانفصال يحدث على مستوى البلورات والنتيجة هي تشكل شبكة من الشقوق والانكسارات يتصرف فيما بعد بداخلها الماء، ويعود ذلك من بوادر تدهور المبنى[160].

يعتبر الماء مساعدا إذ يتسرب إلى مسام مواد البناء ويتجمد عند درجة الصفر المئوي (0م) بانخفاض درجة الحرارة ثم يعود إلى حالته السائلة إذا ارتفعت درجة الحرارة، عندما تتشرب الأحجار بالماء يسهل تلفها، كما تساعد الحرارة على نمو بعض النباتات والكائنات المجهرية[161].

والواقع أن تأثير هذا العامل المتلف يزداد خطورة في الأحجار النارية غير المسامية مثل الجرانيت والبازلت والكثير من الأحجار المتحولة (مثل الكوارتزيت)، في حين يقل نسبيا في الأحجار الرسوبية المسامية بالهواء وقوالب اللبن، حيث يقوم هذا الأخير بدور هام في عملية التوصيل الحراري بالانتقال، و عدم اختزان الحرارة العالية بالطبقات الخارجية، فضلا عن المرونة العالية التي تتميز بها الطفلة الطينية وهي المكون الأساسي لقوالب اللبن[162] ويترتب على وقوع المباني الأثرية والتاريخية تحت تأثيرها هذا العامل فترات زمنية طويلة إلى حدوث أنماط من التلف نوجزها فيما يلي:

- انهيار الترابط بين الحبيبات المعدنية المكونة للطبقات الخارجية من أسطح الأحجار النارية والمتحولة، نتيجة لاختلاف مكوناتها المعدنية في تعاملها

[160] - Torraca (G), **Op. Cit**, 1986, p 29.

[161] - عابد براك الأنصاري، منتهى خالد فرج، **المرجع السابق**، ص 35.

[162] - حواس زكي، **أمراض المباني: كشفها وعلاجها والوقاية منها**، ط1، عالم الكتب، 1990م، ص 18.

الحراري بارتفاع أو انخفاض درجة السطح، ويترتب على ذلك تفكك هذه الحبيبات المعدنية، بفعل التمدد والانكماش الذي يصاحب الارتفاع والانخفاض في درجة الحرارة، ثم سقوطها بفعل عوامل أخرى كالرياح والعواصف.

- انهيار الترابط بين الطبقات الخارجية لأسطح الأحجار النارية والمتحولة والحجر الجيري متعدد الطبقات وبين الطبقات الداخلية التي تليها نتيجة لاختزان طاقة حرارية عالية بهاته الطبقات السطحية، ويترتب على ذلك انفصال هذه الطبقات السطحية واحدة تلو الأخرى، وقد يؤدي تكرار حدوث هذا النمط من التلف في الفترات الزمنية الممتدة، ليس فقط إلى تشويه الأسطح الأثرية وضياع ما قد يكون عليها من نقوش وكتابات، بل ربما إلى اختلال توازن الوحدات المعمارية ذاتها.
- انهيار الترابط بين ملاط الحوائط، وخاصة إذا كان من النوع المصقول والملون قليل المسامية، وبين أسطح الجدران المكشوفة نتيجة لاختزانه لطاقة حرارية عالية. ويترتب على ذلك انفصال طبقات الملاط على الجدار وسقوطها، إما على هيئة كتل كبيرة الحجم، وإما على هيئة قشور تنفصل مع مرور الزمن.
- تشقق وتقشر الطبقات الخارجية للأسطح المكشوفة من جراء حدوث تحولات طورية للحبيبات المعدنية المكونة لهذه الأسطح للارتفاع الكبير في درجة حرارتها نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس المباشرة، ويحدث هذا النمط من التلف عادة في الأحجار النارية والمتحولة وقوالب اللبن وفي ملاط الحوائط إذ كان مصنوعا من الجبس[163].

نستنتج من خلال ما سبق ذكره عن تأثير الحرارة بأن عدم استقرار درجات الحرارة يضعف تماسك مكونات الملاط ويساهم في تلفه، ففي فصل الشتاء تتسبب المياه والثلوج التي تتسرب داخل الملاط بتجمدها، مما يؤدي إلى زيادة حجمها

[163]- أبودية أيوب عيسى، **الرطوبة والعفن في الأبنية، ط1**، دار الورد، الأردن، 1991.

وإحداث ضغط في مسامات الملاط والذي يتسبب في تفكك الملاط وبتكرار هذه العملية تؤدي إلى تفتته وتساقطه.

2. الإتـــلاف البشـــري:

يتسبب الإنسان بقصد أو من غير قصد سواء بسبب نشاطه الحياتي العادي أو بطريقة متعمدة وهذا ما نجده بشكل واسع، فهناك أعمال يقوم بها على المعالم الأثرية كاتخاذها محاجرا يأخذ منها حجارتها ومواد بنائها وفي بعض الأحيان هدم وتدمير البعض من أجزائها، ترجع هذه الممارسات إلى الجهل والإهمال وضعف الرقابة وقلة الوعي الأثري الحضاري والثقافي.

من بين التدخلات المباشرة على حصن بوسكارين وموقع بترا نلاحظ في حصن بوسكارين بعض التدخلات البشرية والتي تضر بالمبنى وتغير من طابعه الأصلي نذكر منها: بناء أدراج في الملحقة التي أضيفت فيما بعد وأيضا تهديم الأدراج الأصلية، غلق بعض المداخل والنوافذ بالاسمنت، ولعل أخطر ظاهرة وهي قنوات الصرف الصحي في الطابقين الأول والثاني للحصن في الجهة الغربية للحصن هاته القنوات تشكل خطرا على المبنى لأن الماء يؤدي إلى تعرض الحوامل والجدران إلى الهشاشة وبالتالي التلف لاسيما الضرر البصري الذي تؤديه هذه القنوات أنظر (**الصورة رقم 13**)، كما لا ننسى أسلاك الكهرباء وهوائيات الشبكة اللاسلكية، أما في موقع بترا فلاحظنا بعض الممارسات الشعبية والتي تدخل ضمن العادات والتقاليد نجد سكان منطقة ملاكو يتبركون بالولي الصالح وهذا بربط الخيوط بالشجرة و إشعال الشموع هذه الظاهرة تودي إلى تشويه حجارة المعلم وإتلافها أنظر (**الصورة رقم 17**) .

الصورة(13): قنوات الصرف الصحي (حصن بوسكارين)

1.2.الترميـــــم الخاطـــئ:

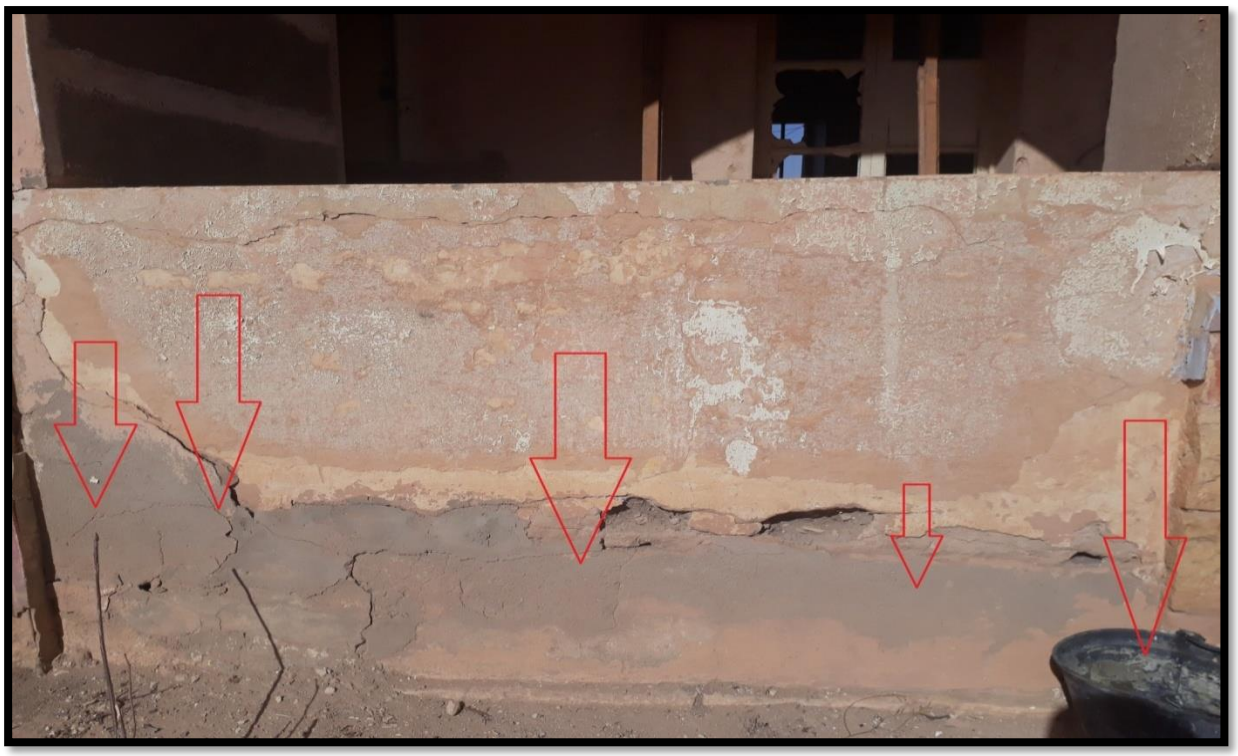
من الأخطار التي تتعرض لها المباني الأثرية والتاريخية، والأخطار التي يقع فيها المرممون قليلو الخبرة عند ترميم هذه المباني، ولقد تؤدي عمليات الترميم غير المدروسة الدراسة الكافية، إما إلى طمس بعض معالم البناء أو إلى تغيير عناصره، إما بإزالة عناصر كانت موجودة أصلا وإما باستخدام عناصر أخرى أو تشويه طرازه وسماته المميزة، وعلى سبيل المثال تم استعمال الدهانات لتزيين الواجهات في برج بوسكارين، طلاء المدخل العمومي للبرج وهذا الأخير أدى إلى تغطية لون الحجارة الأصلية وتشويه منظرها ومنظر الحصن ككل أنظر (**الصورة رقم 8**).

ومن أمثلة الأخطار التي تصاحب عمليات الترميم الخاطئ ما يلي:

2.2. استعمـــال الأسمـنت:

ويؤدي استعمال الأسمنت في عمليات الترميم إلى تسرب ما تحتويه من أملاح إلى سطح الجدران ثم تبلورها في أماكن مختلفة منها، ويتسبب تبلور الأملاح وما يصاحبه من ضغوط موضعية إلى تفتت السطوح وضياع ما تحمله من نقوش وكتابات أو حليات وزخارف أنظر (**الصورة رقم 14 والصورة 15**).

الصورة(14): غلق النوافذ باستعمال الاسمنت (حصن بوسكارين)



الصورة(15): استعمال الاسمنت في الترميم (حصن بوسكارين)

3.2. النشاط الفلاحي (موقع ملاكو):

يعتبر الموقع قبل تدخل الفريق العلمي لمعهد الآثار، جامعة الجزائر2 قي 2014 جزء من أراضي الفلاحية التابعة لزاوية سيدي أويحي التابعة لبلدية أمالو، فقد تعرض هذا الموقع إلى عوامل التلف البشرية بعد الاستقلال، خاصة مع إطلاق برنامج الثورة الزراعية و استصلاح الأراضي، وبعدها الحرث بالمحراث الحديث ذو سكة كبيرة أثر بشكل كبير على هياكل البنايات، مما أدى إلى اقتلاع بعض الحجارة المصقولة وتحريك بعض هياكل البنايات.

الصورة(16): بقايا جذع شجرة الزيتون المزروعة خلال برنامج الثورة الزراعية

4.2. نشاط الزوار(موقع ملاكو):

لم يستفيد موقع ملاكو من تهيئة لهدف الحفظ عليه وحمايته من هذا النوع من العوامل المتلفة، فيبقى بدون سياج وحراسة ضد الاستغلال العشوائي ومن طرف الزوار، حيث من شانه أن يلحق الضرر بالموقع بمختلف مظاهره، فتؤدي حركة الزوار في الموقع إلى حدوث لتلف ميكانيكي الناتج عن الاحتكاك والاهتزازات[164].

164 - أزرارق قاسي، **مشروع صيانة وترميم المنشأة الصناعية الجنوبية للموقع الأثري ملاكو**، رسالة دكتوراه معهد الآثار جامعة الجزائر2،2021، ص 76.

الصورة(17): تلف حجارة الموقع جراء الطقوس الشعبية (موقع بترا)

3. عوامـــل التلوث:

- **الغـــازات والتلوث الجـــوي:**

يعد التلوث الجوي من أهم المؤثرات في عصرنا الحديث على الطبيعة عموما وخاصة في كبرى المدن والمناطق الصناعية، حيث ينتج عن الغازات ومحاليلها تفاعلات الأكسدة والتحليل الهيدرولوجي والكربنة تفكك وتفتت الملاط[165].

تؤثر مكونات الجو كيميائيا على الملاط وتعمل على تحلله وتفككه وفقدانه لتماسكه يمكن حصر هذه المكونات في بخار الماء ومختلف الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وكلور الهيدروجين وأكسيد الكبريت والآزوت والكربون والأكسجين والسلفور، وبخار الماء والجزيئات الناتجة من الغبار الذي تثيره الرياح، تحت تأثير الغازات والتفاعلات الناتجة عن الأكسدة والكربنة والتجفف والتحليل الهيدروجيني ينتج عنه تفكك الحجر وتفتت الملاط، فالأوكسجين يقوم

[165]- Collombet(R), **Op. Cit**., P 26.

بشكل مباشر على تحريض و أكسدة بعض المكونات على غرار البيريت (Pyrite) إلى سلفات الحديدي كما يلي:

$$FeS_2 + H_2O + 7/2\ O_2 \longrightarrow FeSO_4 + H_2SO_4$$

تأكسد السلفات الحديدي إلى سلفات الحديد وفقا للمعادلة:

$$2Fe + (SO_4)_3 + 2Fe\ (OH_4)_3 \longrightarrow 6\ FeSO_4 + 15O_2 + 3H_2$$

التحلل الهيدروجيني ينتج عنه هدركسيد الحديد وحامض الكبريتيك حسب المعادلة:

$$2Fe\ (OH)_3 + 3H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2\ (SO_4)_3 + 6H_2O$$

يتحول هدروكسيد الحديد إلى ليمونيت بعد عملية التجفيف كما هو موضح في المعادلة:

$$^{166}2Fe_2\ O_3\ 3H_2O + 3H_2O \longrightarrow 4\ Fe(OH_4)_3$$

4. العوامـــل البيولوجيـــة:

1.4. النباتـــات:

تعد النباتات من أهم العوامل المؤثرة على أساسات المباني وتشوه الأسطح كما تأثر في تركيبة الصخور و المكونات الكلسية للملاط فيزيائيا وكيميائيا، كما أنها تعمل على إضعاف التماسك الحجري وتفكيكه[167]، عن طريق إفراز جذورها أحماضا لها تأثير مباشر على المبنى[168]، كما أنها تسبب في تحلل كربونات الكالسيوم مشكلة بذلك مركبات تنحل في الماء[169]، ترسل النباتات جذورها إلى

---

[166] - Collombet(R), **Op. Cit,** P 26.

[167] - عادل عبد السالم، **أشكال الأرض**، المطبعة الجديدة، دمشق، 1979، ص ص 140-141.

[168] - منى فؤاد علي، **ترميم الصور الجدارية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، د.ت، ص101.

[169] - هزار عمران، **المرجع السابق**، ص 79.

داخل الشقوق الموجودة في الحجارة[170]، مما تؤدي إلى توسيع التصدعات الموجودة سابقا، وتساعد على زيادة الرطوبة في الجدران والأسطح[171]، كما هو موضح في الصورة رقم (18)، وهي عبارة عم أعشاب موجودة على حوامل الجدار الشرقي للواجهة الداخلية لحصن بوسكارين، والصورة رقم (16) وهي عبارة عن جذر لشجرة الزيتون في موقع ملاكو وهذه الأخيرة لها تأثير ميكانيكي، حيث تتوغل الجذور في الشقوق والوصلات التي بين الحجارة (الملاط) وتزيد عمقا بزيادة نموها، مسببة ضغوطا كبيرة تكفي لتكسير الحجارة وتجزئتها.

تعد البكتيريا والفطريات والطحالب والأشنات من الكائنات الحية المجهرية والتي تنمو على الحجارة ويساعدها على النمو كل من الضوء والماء والعناصر الغذائية والمعدنية والعضوية كالكبريت والآزوت الموجودة في الجو والأملاح الموجودة على الحجارة[172].

تساهم الكائنات الحية الدقيقة والأملاح البحرية في تلف الحجارة الرملية في المباني الأثرية، إلى أن الحجارة والمباني الموجودة ضمن بيئة ساحلية تكون عرضة للتلف بشكل أكبر من المباني الموجودة في بنايات بعيدة عن الساحل بنسبة 59%[173].

---

[170] - ميشال كامل عطا الله، **المرجع السابق**، ص 149.

[171] - منى فؤاد علي، **المرجع السابق**، ص101.

[172] - Caneva Giulia, Salvadori ornella, « **Alération biologique de la pierre »,** dans **:la dégradation et la conservation des pierres**, N°16, Unesco, Venise, P 143.

[173] - Mottershead, D & Others, The **influence of marine salts, aspect and microbes in the weathering of sandstone in two historic s tructures**, in: Building and Environment, 38, 2003, Elsevier Ltd, p. 1193.

الطحالب هي نباتات دقيقة طفيلية متعددة الألوان منها الأخضر والأسود والأحمر والبني[174]، تستقر على الحجر في وجود الضوء والمركبات المعدنية اللاعضوية التي تستخلصها من الحجر نفسه و تتمركز في الأوساط الرطبة[175]

تلحق الطحالب تشويها كيميائيا أو ميكانيكيا بمواد البناء وتسبب ثقوبا في الحجارة وانتفاخها وانفلاقها، كما تساعد طبقة الطحالب على جلب الغبار وترسبه على الصخر وتجعل المكان خصبا لظهور كائنات حية مثل الفطريات والبكتيريا[176].

تعتبر الحزازات أو الأشنات من بين الأضرار الميكروبيولوجية التي تواجهها الأحجار و خاصة المسامية والتي بها فوالق، كما أنها تتغلغل في القطع الهشة[177]، وتتشبث على الأسطح الحجرية باستعمال « Rizines » "الرهيزين" وهو عبارة عن جذور فطرية، تتغلغل هذه الجذور بعمق يتراوح من 300 ميكرون إلى 16 ملم[178]، وعند نموها تحدث تفككا في هذه القطع مؤدية إلى انهيار بنيات الأحجار[179].

---

[174] - Icomos, ISCS, **Illustrated glossary on Stone deterioration Pllerns Champigny Marme**, France, Septembre, 2008, p 66.

[175]- Caneva Giulia, Salvadori ornella**, Op.Cit.,** P 154.

[176] - جورجيوتوراكا، **المرجع السابق**، ص112.

[177]- Thierry verdel, **Géotechnique et Monuments Historiques,** Institut National Polytechnique de Loraine, Ecole des Mines de Nancy, 1993, p49

[178]- Philippon(J) , Jeannette (D) **,** Lefevre R.A , **La conservation de la pierre monumentale en France ,** Presses du CNRS , Paris , 1992, P 95.

[179] - Thierry verdel, **Op. Cit.,** p49

الصورة(18): نمو الأعشاب الضارة والتي لها تأثير ميكانيكي على عناصر المبنى (برج بوسكارين)

2.4. الحيـــــوانات:

تساهم الحيوانات والحشرات الحافرة بالإضافة إلى العوامل السالفة الذكر في اندثار وزوال المبنى ومواد بناءه خاصة الملاط.[180]،

كما تقوم بعض أنواع الطيور مثل العصافير والحمام ببناء أعشاش لها حيث تؤدي هذه الأخيرة وكذلك فضلاتها إلى التشويه السطحي أنظر(الصورة رقم 19) إضافة إلى أثر هذه الفضلات والتي تتحول إلى أحماض تضر بمواد بناء المبنى الأثري، كما أنها تحتوي على المركبات العضوية وخاصة الفوسفات واليوريا التي تتغذى عليها الكائنات الحية الدقيقة[181].

[180]- Berducou (M.), **Op.Cit**, p 82.

[181] - محمد أحمد عوض، **ترميم المنشآت الأثرية**، ط1، دار نهضة الشرق، القاهرة، 2002، ص 158.

الصورة(19): فضلات طيور الحمام (حصن بوسكارين)

II صيانــة وترميـــم الملاط الأثري:

تتطلب عمليتا الصيانة والترميم إلى مهارة عالية ودقة شديدة، لأن المَعْلَم لا يمكن أن ينفصل عن التاريخ لأنه هو الشاهد والمكان الذي يتجسد فيه هذا التاريخ ولهذا فإن أي تغييرات في أجزاءه أمر غير مسموح.[182]

1. التدخلات على هياكل البنايات:

نستطيع تقسيم التدخل على هياكل البنايات إلى خمسة مراحل:

[182] - Charte de venise, 1964, Sur la conservation et la restauration des monuments et des sites.

أ/- مرحلة التشخيص:

أولا نقوم بعملية التوثيق والرصد الدقيق وإعداد قاعدة بيانات تضم عمليات التتبع التاريخي وجمع البيانات والمعلومات وحصر كافة الدراسات السابقة التي تمت على المبنى إن وجدت، ثم ننتقل إلى مرحلة تحليل البيانات والمعلومات وتشخيص الأضرار وفحص المبنى فحصا متأنيا ودقيقا عن كثب لكل أجزاء المبنى ومحيطه المجاور وتسجيل كل ما بدا عليه من مظاهر الضرر ثم نُصيغ له أدوات ومواد العلاج المناسب له، وما يحتاج إليه من خطة وآليات لتنفيذها ميدانيا.

ب/- مرحـــلة التقويـــة:

تعد مرحلة التقوية من أهم المراحل وأبرزها لدلك يجب مراعاة فيها عدة نقاط للوصول إلى مشروع الدعم والحفاظ على المبنى بدءا من التحليل التاريخي والفني للمبنى، بعدها القيام بدراسة حالة التدهور ونوعيته، وهذا من أجل تشخيصها ومعرفة الأسباب التي أدت إلى انهيارها، كما أن المواد وأنواع التقنيات المستعملة في البناء تسمح لنا بإعداد مشروع التقوية والدعم.

أثناء أعمال التقوية نقوم باستعمال المواد الموجودة في الموقع، بالاستناد على الطرق الطبيعية قدر الإمكان والاستفادة من المعلومات المكتشفة ومعرفة الحرفين في القطاع، أولوية أساسية ستؤدي دائما إلى تقليل تكاليف التدخل مقارنة بالحلول الأخرى التي قد تكون جد مكلفة، كما يجب الأخذ بعين الاعتبار عواقب التدخل على الجانب المعماري للمبنى.[183]

ت/- مرحلة الصيانـــة:

يستلزم مشروع الصيانة في المباني الأثرية القيام بالإجراءات الوقائية التي يجب إتباعها لحماية المبنى من التلف ونلخصها فيما يلي:

[183]- أزرارق قاسي،**المرجع السابق**، ص246.

- دراسة نوعية مواد البناء وخصائصها الكيميائية والطبيعية والميكانيكية.
- تحديد ودراسة عوامل التلف المختلفة والتي تكون ذات تأثير واضح على المبنى الأثري، ليتم تحديد الخطوات الواجب إتباعها عند تنفيذ عمليات الصيانة والوقاية[184].
- تشخيص ماكروسكوبي، يعتمد على الملاحظة بالعين المجردة مثل استنتاج سبب ميل المبنى من خلال التصدعات الظاهرة به، و تشخيص قاعدة التحاليل المخبرية لمعرفة مقاومة المواد[185].
- دراسة الأساليب المتبعة في الصيانة والترميم لاستبعاد المتلف منها وإيقاف العمل به.
- استحداث والتوصية باستخدام مواد أكثر مقاومة لعوامل التلف في عمليات الصيانة والترميم.
- تحديد مواصفات المواد الواجب استخدامها في عمليات الصيانة والترميم واستحداث الأساليب المناسبة[186].

ث/- مرحلة الترميم:

ويتضمن إقامة المباني الأثرية المنهارة مع احترام أصالة المبنى واستبدال الأجزاء التالفة بمواد تتماثل مع المادة الأصلية في طبيعتها وشكلها ومظهرها، وتكملة الأجزاء الناقصة إذا كان من شانها تدعيم المبنى، أو تحميل أجزاء آيلة للسقوط مثل الأسقف، أو إبراز خصائص معمارية ذات دلالة معينة، وفي جميع الحالات يجب أن تتم أعمال بحيث لا تتغير ولا تطمس الطراز المعماري للأثر

184 - محمد عبد الهادي، **دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهرة الشرق، القاهرة، 1997، ص 95.

185 - Palmerio (G), **Op.Cit**, p 46.

186 - مجد نجدي ناجي المصري، **تقييم أساليب وتقنيات الترميم في فلسطين نابلس حالة دراسية**، أطروحة ماجستير في هندسة العمارة، جامعة النجاح الوطنية كلية الدراسات العليا، فلسطين، 2010، ص 45.

وأن تتم بطريقة يسهل معها التفريق بين الأجزاء القديمة الأصلية والمضافة الحديثة[187].

ج/- التدخلات الاستعجالية في ترميم المباني الأثرية:

إن التدخل على المباني لترميمها لا يعني الابتداء مباشرة في الأشغال الاستعجالية لكن في حالة تدهور مهم للمبنى واختلال في توازنه يجب اللجوء إلى هذه الأشغال في وقت قصير وبالوسائل المناسبة لتفادي تطور الأعراض وانهيار المباني، ونستطيع التمييز بين نوعين من الأشغال: الأشغال المؤقتة المستعجلة حيث يكون هناك خطر انهيار المبنى والأشغال التي تساعد الهياكل الحاملة في مهمتها أو تعوضها في ذلك خوفا من عدم توازن المبنى وخطر انهياره.

هناك عدة إجراءات يجب اتخاذها في حالة حدوث تدهور للمبني لتفادي وقوع أضرار خطيرة، توفر عمليات التدخل على المباني الأثرية استقرار مؤقت لها باستعمال مواد سهلة وخفيفة للحفاظ على حالة المبنى والحد من زيادة حالة تلف المبنى.

والإجراءات التي يجب اتخاذها، نعرضها فيما يلي:

1. وضع تغطية مؤقتة في كل المبني التي أتلفت تغطيتها، وتستعمل في هذه التغطية مواد خفيفة نسيجية أو بلاستيكية[188] .

نتطرق فيما بعد إلى التدخلات المباشرة على المبنى وذلك لضمان سكونه المؤقت وحمايته من السقوط في انتظار الدراسات المعمقة اللازمة والتدخلات العلاجية النهائية، وتتمثل هذه التدخلات فيما يلي.

---

[187] - أحمد إبراهيم عطية، **حماية وصيانة التراث الأثري**، ط1، دار الفجر للنشر و التوزيع، القاهرة، 2003، ص 113.

[188]-Pichard (P), **Apres un séisme ; Mesures d'urgence, évaluation des dommages**, UNESCO, 1984, p 10.

2. إعادة تماسك مختلف مركبات المبنى وذلك بإتباع نوع واتجاه الشقوق حيث أن هذه الأخيرة تعتبر كالمرحلة الوسيطة بين الحالة العادية للمبنى وانهياره، وهي تبين أي مركبات في طريق الانهيار، ولتفادي هذا هناك عدة حلول نذكر منها التحزيم، وهو إحاطة المبنى بكبلات فولاذية، تستعمل هذه التقنية خاصة في المباني الصغيرة الحجم، وفي حالة المباني الكبيرة خاصة ذات الشكل المستطيل يضاف إلى الأحزمة مثبتات تسمى بـتكك (Tirants) تكون داخلية وتمنع تحرك الجدران بفعل الثقل المركز عليها، بالإضافة إلى نوع أخر من المثبتات التي تدعى بـ (Etrésillons) التي تعمل على تثبيت النوافذ والفتحات وتفادي انهيارها تحت الثقل المركز عليها، نذكر كذلك الأسناد الخارجية (Etais) باستعمال الألواح الخشبية، لا يلجأ إلى هذه التقنية إلا في حالة عدم كفاية أو مناسبة عمليات التحزيم والتثبيت السابقة، حيث تحتاج الأسناد الخارجية إلى قاعدة ترتكز عليها وهي الأرضية، وفي حالة ردود الزلزال، تصبح هذه الأسناد خطيرة على المباني حيث تقوم بدفعها فيما يخص الأسناد الداخلية مثلا للأقواس والسقف، فهي ضرورية حيث تخفف من الثقل العامل على الهياكل الحاملة يجب أن توضع الأسناد من طرف أخصائيين مؤهلين.

2. صيانـــة وترميـــم المـــلاط:

1.2. استعمال المـــلاط في الترميـــم:

أ- مـــلاط الجيـــر:

يعد من أهم المواد المستعملة للربط بين أجزاء البناء، كما يسمح بتوزيع متساوي لقوى الضغط[189]، و هو الملاط الأكثر ملائمة في أشغال الترميم، يتحول إلى شكله الصلب عندما يتعرض للهواء بحيث يشكل طبقة متحجرة عند التلبيس، ورابط قوي بين اللبنات في حالة البناء وهذا بعد أن يفقد كمية الماء المتواجدة في

[189] - Vorobiev (V), **Op Cit**, P94.

الخليط بفعل التبخر وكذلك بعد تفاعل مكوناته مع الهواء الغني بثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الجير المستعمل في الخليط يكون مطفئ بشكل جيد، وكذلك ينصح باختيار الرمل المناسب بكميات مدروسة بالإضافة إلى الماء الخالي من الشوائب.

الرمل يشكل هيكل الملاط ويعتبر المالئ النموذجي له، بحيث يكسبه صلابة ومتانة وكذلك يحدد حجم الجير في الخليط ويسهل نفاذ الهواء وبالتالي الكربون عبر المسامات التي يشكلها في الملاط، لذلك يجب غسله قبل استخدامه من أجل التخلص من الأملاح التي قد تسبب ظاهرة التزهر، وأيضا للتخلص من الطين والمواد العضوية التي تتسبب في بطئ عمليات التصلب[190].

إن اختيار النوعية الجيدة للرمل تعني إعداد ملاط متجانس، وينصح باستعمال جزيئات الرمل الصادرة من الحجارة الكوارتزية أو السليسية التي يتراوح سمك جزيئاتها بين 0.8 و 2.5 مليمتر.

الرمل السيليسي لا يمتص الماء ويتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم ويشكل سيليكات الكالسيوم التي تزيد من صلابة ومقاومة الخليط، كما يمنع استعمال الرمل الطيني الذي يمتص ماء الخليط وينقص من متانته[191].

ت/- تحضير ملاط الجير:

من أجل الحصول على ملاط الجير « Mortier de chaux » جيد وملائم يمكن استخدامه، يجب إتباع الطريقة التحضيرية التالية:

يغطس الجير الحجري في الماء لتتم عملية الغليان، نقوم بإضافة كمية كافية من الماء للحصول على سائل جيري من النوع الرفيع مع التخلص من الشوائب، ثم

---

[190] - جيورجيو توراكا، **المرجع السابق**، ص 148.

[191]- نفسه، ص 4.

يتم مزج السائل الجيري بالرمل (الحصباء) مزجا جيدا للحصول على ملاط متجانس ومشبع بالجير، بعدها يترك الملاط يتخمر.

نحضر كمية أخرى من السائل الجيري على الطريقة التقليدية المذكورة سابقا وإضافتها إلى الملاط المتخمر والقيام بعملية المزج والخلط حتى يتم الحصول على ملاط جيري جيد لزج، صالح للاستعمال.

ت/- نوعية ملاط الجير:

ملاط الجير التقليدي هو معد بالنسب الحجمية التالية حجم واحد من الجير إلى حجمين أو ثلاث من الرمل، ويحصل أن يصل حجم واحد من الجير إلى حجمين أو ثلاث من الرمل، ويحصل أن يصل حجم الرمل إلى أربعة أحجام الجير، لكن بصفة عامة من الصعب تحديد نسب حجمية دقيقة للخليط وهذا لعدة عوامل أهمها أن نوعية الرمل المستعمل تلعب دورا كبيرا في تحديد النسب.

2.2 إصلاح انفصال التلبيس الكلسي في المناطق الصحراوية:

تتكون الطبقة العازلة التقليدية ببرج بوسكارين من الرمل وملاط الجير (Béton de chaux) سمكها يتراوح من 3 سم إلى 10 سم، مطلية بطبقتين أو أكثر من حليب الجير، وظيفتها توجيه مياه الأمطار نحو الميازيب وتمنع كذلك نفاذ أو تسرب المياه داخل هيكل المسكن.

أ- التدخـل والصيانـــة:

- ينظف السطح الحامل من الأتربة والغبار ومن كافة المواد العضوية .
- إزالة طبقة الجير المتدهورة كلية.
- إزالة طبقة الرمل القديمة أو تنظيفها وغربلتها للتخلص من البقايا.
- يرطب السطح الحامل كي لا يمتص الماء الموجود في الملاط.
- نضيف للعجينة كميات من حليب الجير إلى أن تصبح صالحة للاستعمال ويسهل العمل بها.

- نقوم بعملية التلبيس (الطبقة الأولى) باستعمال مِسجة Truelle، وذلك للحصول على سطح متماسك ويكون خشنا نوعا ما.
- الانتظار مدة تتراوح بين يومين إلى خمسة أيام، حتى تجف الطبقة قبل وضع الطبقة الثانية.
- عند الاقتراب من نهاية المدة المحددة لجفاف هذه الطبقة، نضع العرجون Régime de datte في الماء كي يتشرب ويصبح صالح للاستعمال.
- نقوم بإعداد العجينة بنفس الطريقة الأولى ولكن بدرجة سيولة أكبر من الأولى يساعد على العمل بالعرجون.
- نقوم بتغطية مساحة الطبقة الأولى بغطس العرجون في إناء به الملاط المحضر وضرب السطح ضربات خفيفة حتى تستطيع تثبيت الملاط وكذا الحصول على الشكل المطلوب (النتوءات) الأمر الذي يتطلب يد ماهرة[192].

ب/- مراقبة التشققات بالجدار الحجري:

تحتوي المباني القديمة أنواع مختلفة من الشقوق منها ما هو مجهري ومنها ما تكون بأبعاد مختلفة، تعتبر الشقوق العمودية و المائلة بزاوية 45° من أشهر التشققات التي يواجهها البناءون، والمسبب الرئيسي لها يعود إلى خلل في الأساس، خاصة الانخفاض التفاضلي لهذه الأخيرة، وهذه الظاهرة شائعة جدا في المباني القديمة وتظهر على مستوى الفواصل بين الحجارة المكونة للجدران الحاملة، والمظهر الخارجي لهذه الشقوق لا يعكس بالضرورة درجة خطورتها ومدى تأثيرها على البنية الهيكلية ككل[193].

وقبل البدء في عملية سد الشقوق ينبغي اختيار ملاط السد المناسب بعد تجربته أولا على حجارة من نفس النوع ومعرفة خواصه الكيميائية والفيزيائية ، وبعد التأكد من فعاليته يمكن تطبيقه على المعلم التاريخي وذلك بإتباع الخطوات التالية:

---

[192] - دليل أشغال الترميم، مديرية الثقافة لولاية غرداية و ديوان حماية وادي ميزاب وترقيته، ص 8.

[193] - نفسه، ص 8.

ب- طريقة التدخل:

- تنظيف الشقوق من الغبار باستخدام جهاز لامتصاص الغبار، ثم نستعمل الماء لترطيب الشقوق.
- إجراء تقوية أولية في حالة الحجارة المتدهورة ذات السطح المتفتت أو المتقشر حيث يستعمل سليكات الإيثيل* من نوع بارالويد B72 راتينج أكريليكي أو مثيل تريميثوكسيسيلان[194].
- 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.

---

*- يعد راتينج الايثيل سيليكات المضاف إليه راتينج السيليكون أحسن ملاط للحوائط، يتحلل تحللا مائيا في وجود الأحماض و الماء مكونا بذلك كحول ايثيلي وسيليطا جل لاصقة أنظر:

Aljattari (M), **Essai d'aménagement et de conservation des structures archéologiques de l'ancienne poudrière de la cittadelle d'Alger,** memoire de P.G.S, Alger 2001, p 21.

[194] - 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 .

- يستحسن أن تتم عملية ملأ الفراغات والشروخ عبر فترات، هذه الأخيرة لا تفيد فقط في سد المنافذ التي تتسرب منها مياه الأمطار والسيول لكنه يعمل على تقوية بنية الجدران وزيادة تماسكه[195].

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

- ولمراقبة فعالية العلاج يتم استخدام تقنية قياس سرعة الصوت بجهاز الموجات فوق الصوتية، لإثبات قدرة الملاط على النفاذ داخل الشقوق وتغطية جل المساحات الفارغة[196].

3.2. إصـــلاح الفواصل التالفـــة بين الأحجـــار:

يتعرض ملاط الفواصل في الجدران الحجرية للتلف نتيجة للعوامل الجوية وخاصة الرطوبة، كما يمكن أن يحدث هذا التلف بسبب الحركات الميكانيكية المرتبطة بالمشاكل الإنشائية (إنتفاخات، ميلان، تشققات...) أو بسبب نمو النباتات، يمكننا التدخل لإصلاح الفواصل بإزالة الأجزاء المتضررة من الملاط القديم، ومن أجل تنظيف الفواصل نستعمل أدوات رفيعة مثل: شفرة المشار، ومن أجل إزالة الملاط من الفواصل العريضة يستعمل الإزميل والمطرقة بحذر شديد، ثم نقوم بترطيب الفواصل بالماء حتى الإشباع للحصول على تماسك جيد للملاط، وفي الأخير نجهز الملاط و أخذ كمية من العجينة، و يسكب عليها كمية من حليب الجير بالقدر الذي يجعلها سائلة في الوصلات الضيقة، وسميك بالنسبة للوصلات الواسعة.

---

[195] - Froidevaux (Y ,M), **Technique de l'architecture ancienne construction et restauration**

,ed,Pierre mardaga 2eme edition,Belgique 1987, P 161.

[196]- Vieweger (T), Verges- Belmin (V), **Op.cit**., P 234.

4.2. معالجـــة تبلـــور الأمـــلاح على السطـــح:

تحمل الأملاح الذائبة بواسطة المياه المترسبة إلى داخل هيكل البناء الأثري وتعبر مسام الأحجار أو التلبيس لتتبخر مُشكلة بذلك أملاحا على الواجهة، وعملية التبلور هذه تتلف سطح المواد وتفتتها.

يمكن أن يوجد على الواجهة أكثر من 30 نوعا من الأملاح الذائبة مثلا بعض البكتيريا تنتج حامض السلفوريك الذي يتفاعل مع كربونات الكالسيوم للحجر ليعطي سولفات الكالسيوم أو الجبس، وهناك بكتيريا أخرى تنتج حمض النتريك الذي يفكك كربونات الكالسيوم إلى نترات الكالسيوم.

طريقـــــة التدخـل:

الأملاح القابلة للذوبان يمكن إزالتها عن سطح هياكل البناء بسهولة وذلك باستعمال الماء والفرشاة[197]، أما الأملاح الغير قابلة للذوبان فيمكن نزعها عن طريق استخدام مجموعة من الأحماض نذكر منها: حامض الهيدروكلوريك أو حامض الستريك (Citrique)، أو حامض الأكساليك (Acide Oxalique)، أو كلوريدري (Chlorhydrique) ، أو أرتوفسوريك(Ortho Phosphorique) [198]، حيث يتم اختيار الحمض المناسب لعملية التنظيف بعد إجراء تحاليل لعينة من الملح.

5.2.إعادة بناء واجهة حجرية:

تتعرض المباني الأثرية القديمة لأنواع مختلفة من التلف والتي تؤثر على المواد المستخدمة في إنشاء المعلم الأثري، وهذه المواد تتمثل في الأحجار والمواد الرابطة بينها.

---

[197]- berducou (M), **Op. Cit** P 103 .

[198] - حسين محمد علي، **أسس ترميم الآثار والمقتنيات الفنية** ،2007، ص 160.

طريقـــة التدخـــــل:

تتم عملية التدخل وفق معيارين وهما نزع الحجارة المتضررة ومعالجتها أو نزعها واستبدالها بحجارة أخرى في حال إذا كانت متضررة جدا.

يعتبر نزع الحجارة أحد الطرق لصيانة الموقع ومعالجتها من جهة والدعامة (الجدار أو الأرضية) التي تم نزعه منها من جهة أخرى، غير أن هذه الطريقة إن لم يراعى فيها بعض الشروط المتعلقة بعمليات النزع والصيانة ثم الإلصاق تصبح غير مجدية حتى تكون هذه العملية ناجعة ومفيدة يجب البدء أولا في نزع الأحجار الآيلة للسقوط مع أخذ الاحتياطات اللازمة حتى لا نحطم الوحدات المشققة أو المتآكلة[199].

تنزع الأحجار التالفة وننظف مكانها، تستعمل مكانها حجارة بنفس المواصفات والخصائص الفيزيائية والميكانيكية للحجارة الأصلية للجدار، ثم نقوم بترطيب سطح القاعدة والأحجار المستعملة بالماء، بعدها نثبت الحجارة حسب الارتفاع المطلوب، و تكسية فواصل الجدران الحجرية وفي الأخير نحقن ملاط كلسي لزج خلف أحجار الصف الواحد (المدماك)* لكي تملأ كامل الفراغات.[200]

2.6. إصلاح العقود الموجودة برواق برج بوسكارين:

من بين المشاكل الأساسية التي تطرأ على العقود حدوث تشققات بأسفلها، يعتبر اتجاه هذه الشقوق وحجمها دليل القوى الضاغطة بالإضافة إلى قدم مواد البناء وجود جزء مضغوط و آخر مشدود فيما بين الأحجار والتي بدورها تشكل العقد، ومع مرور الوقت تحدث تصدعات في الحجر بالموازاة مع حدوث شقوق عريضة

---

[199]-BUYS (S) ,OAKLEY(V), **the Conservation and Restoration of ceramics**, oxford : Butterworth-Heinemann LTD , 1993, P90.

*- **المدماك**: الرباط المستمر ويعرف أيضا بالرباط الإنكليزي: تستعمل هذه التقنية في بناء جدران صغيرة السمك وقليلة الارتفاع.أنظر: مجموعة من المؤلفين، **إنشاء معماري**، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الرياض، 2006 ص15.

في الأجزاء المشدودة تستهدف الوصلات فيما بين الأحجار المشكلة للعقود في الرواق، ويلحق ذلك تشوهات في انحناءات العقود وفي التوازن العمودي للدعامات.

طريقـــة التدخـــل:

بعد تشخيص التغيرات التي طرأت على العقود، نقوم بما يلي:

1. تدعيم الأروقة وذلك بتدعيم العقود المشوهة.
2. تدعيم الجزء الواقع فوق تاج العمود المتصدع إن وجد بنظام مشابك أو ملاقط « Système de pinces » تنقل الثقل من الجدار الكائن فوق العمود إلى الأقدام الأربع لنظام التدعيم « Système d'étaiement » (ألواح خشبية بسماكة كافية لتحمل الثقل)، يمكن ربط أقدام التدعيم عند القاعدة مع بعضها البعض وذلك لتقويتها، على أن يتم ذلك من عمود إلى آخر كي يتسنى الوصول إلى مكان العمل في الورشة.
3. نزع الحجارة المكسورة واستبدالها بأخرى واحدة بواحدة.
4. فك تاج العمود المتصدع واستبداله بتاج آخر من الحجر ذو طبيعة ونوعية مقاومة جيدة كي يحتمل ثقل العقود.
5. الملاط المستعمل للتثبيت مكونا من كلس هيدروليكي « Mortier de chaux hydraulique » طبيعي بمعدل حجم واحد من الكلس مقابل حجمين من الرمل الناعم النظيف.
6. التأكد من التوازن العمودي لحائط الأعمدة الحاملة.
7. إعادة ملأ الفراغات وتقوية أقسام العقود المشكلة للرواق من خلال حقن ملاط الجير في الفواصل المفرغة من جراء تسرب مياه الأمطار « Reointoyer et consolider ».

2.7 معالجـــة الصعـــود الشعـــري:

عادة ما تكون المياه الجوفية غنية بالأملاح القابلة للذوبان، وترتفع هذه الأخيرة بواسطة الصعود الشعري ضمن الجدار من مستوى الأساسات، وكما هو معلوم يتعرض الجدار فوق سطح الأرض إلى الهواء الطلق مما يسرع عملية تبخر المياه ويؤدي إلى تبلور الأملاح الذائبة بها على سطح الأحجار، وهذه الأملاح المتبلورة تسبب ضغطا على المواد الحاملة فتفتت سطحها وتشبعه بالرطوبة، وأثناء حركات البناء الحجري المختلفة يتفتت الملاط الكلسي ويتلف بسبب تسرب المياه إلى داخل هياكل البناء مما يؤدي خسارة مقاومة المبنى.

- **طريقـــة التصريف:**

تعتمد على صرف المياه الجوفية بعيدا عن قاعدة البناء وفق المراحل التالية:

1. حفر خنادق من الجهة الخارجية للجدار بعرض 50 سم وبعمق مستوى الأساسات، حيث يجب القيام بتصريف المياه الجوفية بعيدا عن البناء.
2. إعادة ردم الخندق بالحجارة وفي القسم العلوي بالحصى لتصفية مياه الأمطار والوقاية من الصعود الشعري، مع استعمال حجارة كبيرة الحجم بالأسفل تحافظ على الفراغات، كما تساعد على تصفية المياه وتسهل تسربها إلى قسطل التصريف.
3. جعل السطح الخارجي منحدرا لتصريف مياه الأمطار بعيدا عن الجدران.

2.8 تدعيـــم الأساسات:

الأساس هو الركيزة الأساسية للبناية بحيث يعمل على توزيع الثقل الذي تنقله الجدران، وهذه الأساسات ذات مقاسات مرتبطة بطبيعة الأرضية ومقاومتها، وحجم البناية ومواد البناء المستعملة، والتي هي في الغالب عبارة عن حجارة صلبة يربط بينها ملاط الجير.

يتم تدعيم الحجارة وتقويتها باستعمال راتنجات، وذلك بحقن مسامها المتلفة والهشة لتقويتها وتمديد عمرها، من بين الراتنجات التي يمكن استعمالها: راتنج المسام الترمو بلاستي (المتلدن بالحرارة) وأستات البولي فينيل من العائلة الفينيلية، ومن العائلة الأكريليكية بوليمر مركب من أكريلات الميثيل ومبتاكريلات الإيثيل والبرالويد B72، بارالويد B67، وميتاكريلات الإزوبيتيل «Methacrylatedisolytyle» البلاكسيسول « Plescisol »، يعد من أفضل المنتجات وذلك لأنه يستمر مدة طويلة.[201]

2.9 العـــلاج الكيميائـــي:

✓ **يجب مراعاة ما يلي عند عمليات التقوية والعلاج الكيميائي**:

- تطوير طرق العلاج الكيمائي والفيزيائي من أجل التجارب التي تكشف طبيعة وخصائص ومدى فعالية المواد الكيمائية المستخدمة في علاج الأثر.
- تحديد الصفات الكيميائية والفيزيائية للمواد والمحاليل المستعملة معالجة الأثر، مثل درجة اللزوجة والذائبية في المذيبات العضوية والقدرة على زيادة القوة الميكانيكية وزيادة مقاومة عوامل التلف والخدش والرطوبة والحرارة والأكسجين والأشعة فوق البنفسجية والغازات الملوثة والكائنات الحية الدقيقة والقدرة على التسرب بكميات متجانسة لتقوية جميع الأجزاء في المعلم الأثري.
- مدى تأثير المواد والمحاليل المستعملة في الترميم في اللون الطبيعي للأثر.
- توفير مواد ومحاليل تتميز بسهولة الاستخدام وفعالية التأثير في عمليات الترميم والعلاج أطول مدة زمنية دون التأثر بظروف الاستعمال أو البيئة.
- التأكيد على توافر عوامل السلامة للعاملين والبيئة والمقتنيات والتي قد تنتج من جراء استعمال تلك المواد.

[201] - berducou (M), **Op. Cit.**, P 111.

- إمكانية توفير مواد ومعدات وتقنيات لمعالجة وترميم ودراسة الأثر بحيث تكون سليمة وسهلة الاستعمال وبأسعار مناسبة[202].

خلاصـــة الفصـــل:

إن عمليات التلف بكل أنواعها سواء كانت داخلية أو خارجية تؤثر على المواقع والمعالم الأثرية وبنسب مختلفة وربما أهم عامل للتلف يكون جراء التغيرات المناخية والتي بدورها تساهم بشكل فعال في نمو الحشرات والبكتيريا وكذا الأملاح المحملة بالرطوبة ....الخ، ولهذا وقبل كل تدخل يجب تطبيق عملية الحفظ الوقائي قبل أي تدخل على المعلم لأن هذا الأخير يترك كآخر مرحلة في عمليات التدهور والمساس بالمعلم.

202 - رندة السفاريني، **تقنيات الترميم**، مؤتمر العمل الهندسي الاستشاري الثالث في فلسطين، عمان، أيلول 2009م ، ص 3.

الفصل الرابـــع

الأعمـــال المخبريـــة والتطبيقيـــة

I التحليل المخبري وفحص المواد المشكلة للملاط الأثري لموقع ملاكو و حصن بوسكارين:

تعد التحاليل المخبرية خطوة هامة في حقل ترميم الآثار، وضرورة من ضروريات نقاط ترميمها، وتأتي في المرحلة التالية للتوثيق الأثري، و يتم فيها إخضاع الأثر ومكوناته لعملية التحليل المخبري لمعرفة ماهية الأثر سواء كان اثر ذو مادة عضوية، أو أثر من مادة غير عضوية، ويتم إجراء التحاليل قصد تعيين طبيعة مادة الأثر وطريقة تصنيعه الفنية و التكنولوجية، بالإضافة إلى الخواص الفيزيائية والكيميائية لها، و التي تساعد في معرفة التركيبة الكيميائية والمعدنية للمواد لمعرفة المواد التي استخدمت في ترميم الأثر سابقا، أو لمعرفة مدى تماسك عناصر الأثر وسلامة مكوناته، وإذا كانت مادته مجهولة قبل عملية التوثيق يتم إدراج المادة بعد معرفتها بواسطة التحاليل في أوراق ومحاضر التوثيق الأثري، وتتم عملية التحاليل بهدف اختيار المواد الملائمة لترميم الأثر ومدى التوافق الفيزيائي والكيميائي مع الأثر من حيث معاملات التمدد الحراري وتوافق التركيب الكيميائي، وكذلك معرفة ماهية المادة من حيث التفاعلات الكيميائية التي يمكن أن تتم وتأثيراتها علي مكونات الأثر وقابليتها للاسترجاع من عدمه، وكذلك مدى تجانسها من حيث اللون مع لون مكونات الأثر ومدى تأثرها الفيزيائي بالأطوال الموجية المختلفة للضوء المرئي، مع الأخذ في الاعتبار أن جميع العينات التي يتم رفعها من العناصر المختلفة للأثر سواء كانت مواد عضوية أو غير عضوية بالمنشأة الأثرية أو العينات التي يتم رفعها من الآثار المنقولة تخضع للتحاليل المخبرية بالمراكز العلمية المعتمدة محليا أو إقليميا أو حتى دوليا داخل الجهة المنوط لها حفظ وصيانة وترميم الآثار، ويتم رفع العينات من الأثر في وجود المسئولين عن الأثر مع ضرورة توثيق مكان رفع العينات ومكان تنفيذ عينات الترميم واعتمادها بعد ثبات نجاح العينات واعتمادها من قبل جهات الإشراف.

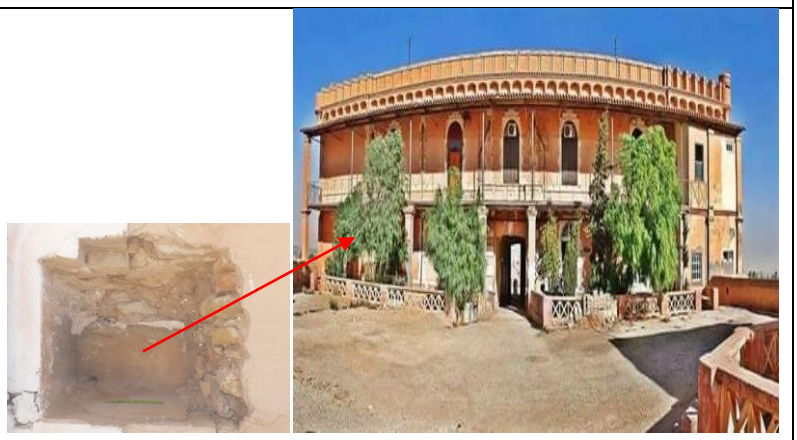
العينـــــات:

العينات	الموقع	تحديد العينات	تواجد العينات في الموقع
LM1	برج بوسكارين الأغواط	**L** :Laghouat **M1** : Mur1	**الجدار1:**المدخل الرئيسي للحصن الجهة الشرقية الواجهة الأمامية (مونة الملاط).
LM2		**L** :Laghouat **M2** : Mur2	**الجدار2:** الجدار الشمالي للحصن (ملاط التلبيس).
LM3		**L** :Laghouat **M3** : Mur3	**الجدار3:** الجدار الشرقي الواجهة الخلفية للحصن (مونة الملاط).
LM4		**L** :Laghouat **M4** : Mur4	**الجدار4:**الجدار الداخلي للحصن للواجهة الغربية (مونة الملاط).
LS		**L** :Laghouat **S** : Sol	**الأرضية:** ملاط الربط للبلاطات في الجهة الغربية للحصن.
LRC1		**L** :Laghouat **R** : Revêtement **C1** : Colonne1	**تلبيس العمود رقم(01):**واجهة العمود الخلفية للملحقة الجنوبية (تلبيس) للحصن.
LRC2		**L** :Laghouat **R** : Revêtement **C2**: Colonne2	**تلبيس العمود رقم(02):** واجهة العمود الأمامية للملحقة الجنوبية للحصن (تلبيس).
BM	موقع بترا بجاية	**B** : Béjaïa **M** :Mur	ملاط الجدار الشمالي للموقع (ملاكو).
BS		**B** : Béjaïa **S** :Sol	ملاط التراب الأرضية الواقع في الواجهة الجنوبية لموقع ملاكو.
BSB		**B** : Béjaïa **SB** :Sol de Bassin	ملاط أرضية الحوض الواقع في الجهة الغربية للموقع .
BMS		**B** : Béjaïa **MS** : Mortier de Sol	ملاط الأرضية للواجهة الغربية للموقع.
BR		**B** : Béjaïa **R:**Revêtement	تلبيس الجدار الغربي للموقع .

الجدول(1): يبين أماكن أخذ العينات من الموقعين وترميزها

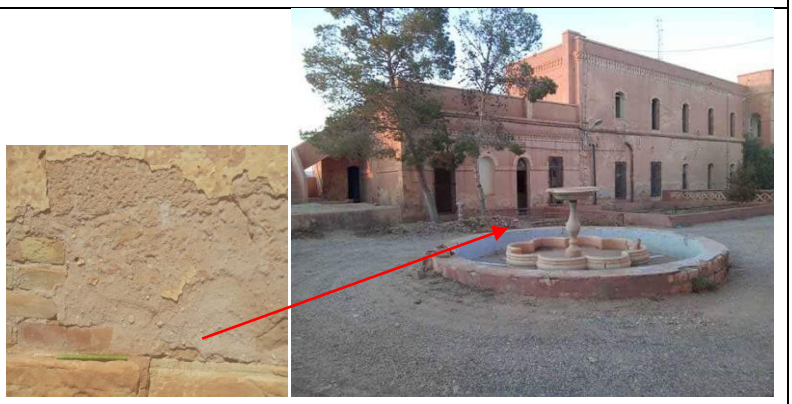
أ

ب

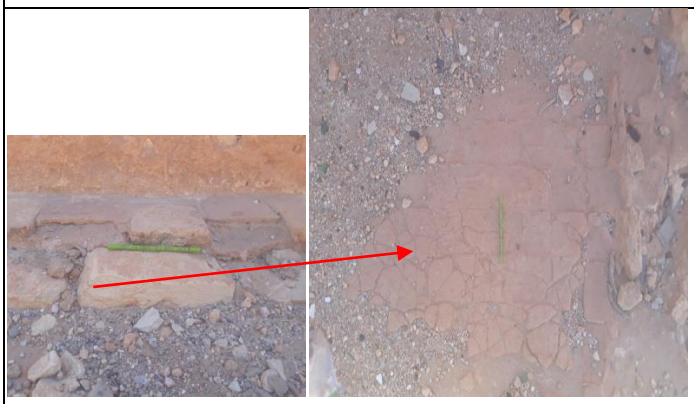


ج

د



هـ



و

اللوحة رقم 1: تبين أماكن أخذ العينات

أ- الجدار الشرقي للحصن الواجهة الخارجيـــة
ب- الملحقـــة الجنوبيـــة للحصـــــن
ج- الجدار الشرقي للحصن الواجهة الداخليـــــة
د- الواجهة الغربيـــة للحصـــــن
هـ- الملحقـــة الشماليـــة للحصـــن
و- الأرضية (الواجهة الغربيـــة للحصـــن)

أ

ب

ج

د

هـ

اللوحة رقم 2: تبين أماكن أخذ العينات

أ- الحـــوض مـــوقع ملاكـــو
ب- حائط الحوض
ج- الجدار
د- تلبيس الجدار
هـ الأرضية

II - تعيين الخصائص الفيزيائية:

1. اختبار معامل امتصاص الماء:

الهدف من هذا التحليل هو معرفة نسبة كمية الماء سواء في الحالة السائلة أو الغازية التي تستطيع مادة الأثر(حجر، ملاط ، فخار.. الخ) 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[203]:

$$\text{معامل الامتصاص(م.إ)} = \frac{ك_2 - ك_1}{ك_1} \times 100\%$$

حيث:

م.إ : معامل الامتصاص

ك1: كتلة العينة الجافة

ك2: كتلة العينة الرطبة

1.1. خطوات العمـــل:

لتعيين نسبة الامتصاص يمكننا إتباع إحدى الطريقتين التاليتين:

---

203 - قبوب لخضر سليم، **تقنيات التحليل المخبري وفحص المواد الأثرية**، الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، ع 18، جامعة حسيبة بن بوعلي بالشلف، 2017 م، ص 110. أنظر أيضا: (د.مؤ)، **خواص و اختبارات المواد**، تخصص التقنية المدنية، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، 2008م، ص 79.

الطريقة الأولى:

نستعمل ثلاث أجزاء من العينة ونجففها في فرن للتجفيف درجة حرارته 100 درجة مئوية بعدها نضع العينات في حمام مائي (حرارته 80 درجة مئوية لمدة ساعتين (حتى التحصل على الكتلة الثابتة ك 1، ثم نخرج العينات ونضعها في إناء من الخزف الصيني به ماء عادي بغية تبريد العينات قليلا، ثم نزن العينات في ميزان إلكتروني بعد مسحها بمنشفة مبللة حتى نتفادى الوزن الزائد لقطرات.

الطريقة الثانية:

نأخذ ثلاثة أجزاء من كل عينة، مع استبدال الميزان الالكتروني ب Balance hydrostatique (ميزان هيدروستاتيكي)، ونقوم بتعيين الكتلة الناشفة ثم وضع العينات في حمام مائي لمدة ساعتين، بعدها نبرد العينات ثم نمسحها بمنشفة مبللة ونقوم بوزنها في(Balance hydrostatique ميزان هيدروستاتيكي) في الهواء[204].

من خلال ما سبق قمنا باختيار الطريقة الأولى لتعيين نسبة الامتصاص.

[204] - قبوب لخضر سليم، **المرجع السابق**، ص 110.

معامل امتصاص الماء	العينات	
0,89186354	LM1.1	01
159,011819	LM1.2	02
175,664473	LM1.3	03
0,79821524	LM2.1	04
0,7944794	LM2.2	05
162,372604	LM2.3	06
1,48904289	LM3.1	07
0,62204333	LM3.2	08
2,39388522	LM3.3	09
1,53866773	LM4.1	10
0,5024949	LM4.2	11
0,52324459	LM4.3	12
0,31889042	LS1	13
0,26424932	LS2	14
0,79501094	LS3	15
5,88723394	LRC1.1	16
5,66146149	LRC1.2	17
9,20170599	LRC1.3	18
3,19929661	LRC2.1	19
4,9462376	LRC2.2	20
3,9246791	LRC2.3	21
3,59504733	BM1	22
2,05642554	BM2	23
0,29592829	BM3	24
3,07837597	BS1	25
2,32749536	BS2	26
2,43096237	BS3	27
3,09762004	BSB1	28
1,72414798	BSB2	29
2,41791092	BSB3	30
0,89475056	BMS1	31
1,4172423	BMS2	32
1,56056952	BMS3	33
1,8990184	BR1	34
1,4542596	BR2	35
1,4635327	BR3	36

الجدول(2): يمثـل نتائــج معامــل امتصــاص العينات للمــاء

2. اختبار الكتلة الحجمية الظاهرية:

الكتلة الحجمية الظاهرية هو مصطلح آخر يستخدم لوصف كثافة الجسم، حيث أن كثافة الجسم أو الكتلة الحجمية تعبر عن مقدار الرابط الذي يربط ما بين الحجم والكتلة، ومن هذه العلاقة نجد أن الكثافة تزيد بازدياد كتلة الجسم في حين تقل كثافة الجسم بنقصان حجمه. وحدة الكتلة الحجمية هي وحدة الكتلة مقسومة على وحدة الحجم، وفي الغالب تكون بالغرام لكل سنتيمتراً مكعباً وهذا بالأخذ بعين الاعتبار المسامات و الشعيرات المتواجدة فيها، ويمكن الحصول عليها بالطريقة التالية: [205]

$$\text{كح}_{\text{ظ}} = \frac{\text{ك}}{(\text{ح}_2 - \text{ح}_1)} \quad (\text{غ/ سم}^3)$$

بحيث

كح ظ: تمثل الكتلة الحجمية الظاهرية للعينات

ك: وزن العينات وهي مشبعة بالماء.

ح1: حجم الماء وحده في الاسطوانة.

ح2 : حجم الاسطوانة بعد إضافة العينات.

[205] - فاضل عطية جياد و آخرون، **دراسة الخواص الفيزيائية لمادة متراكبة من نظام (الألمنيوم كاربيد البورون)**، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 العدد 10، بغداد، 2010م، ص 488.

الكتلـــــة الحجميـــة الظاهريـــــــــــة	حجم المـــاء بعـــد وضـــع العينـــة (ح2)	حجم المـــاء (ح1)	وزن العينـــة (ك1)	العينـــة	
1,636225g/cm^3	54 ml	50 ml	6.5449 g	LS1	**01**
2,4237 g/cm^3	55 ml	50 ml	12.1185 g	LS2	**02**
3,33403333 g/cm^3	53 ml	50 ml	10.0021 g	LS3	**03**
0,73773333 g/cm^3	59 ml	50 ml	6.6396 g	LM1.1	**04**
2,07366 g/cm^3	55 ml	50 ml	10.3683 g	LM1.2	**05**
1,7977 g/cm^3	55 ml	50 ml	8.9885 g	LM1.3	**06**
2,411 g/cm^3	52 ml	50 ml	4.8220 g	LM2.1	**07**
2,0538 g/cm^3	53 ml	50 ml	6.1614 g	LM2.2	**08**
2,1447 g/cm^3	54 ml	50 ml	8.5788 g	LM2.3	**09**
2,437 g/cm^3	53 ml	50 ml	7.3110 g	LM3.1	**10**
1,938725 g/cm^3	54 ml	50 ml	7.7549 g	LM3.2	**11**
4,7945 g/cm^3	51 ml	50 ml	4.7945 g	LM3.3	**12**
2,13645 g/cm^3	54 ml	50 ml	8.5458 g	LM4.1	**13**
2,13313333 g/cm^3	53 ml	50 ml	6.3994 g	LM4.2	**14**
1,92533333 g/cm^3	53 ml	50 ml	5.7760 g	LM4.3	**15**
1,66028 g/cm^3	55 ml	50 ml	8.3014 g	LRC1.1	**16**
1,86 g/cm^3	57 ml	50 ml	13.0200 g	LRC1.2	**17**
2,10176 g/cm^3	55 ml	50 ml	10.5088 g	LRC1.3	**18**
2,5371 g/cm^3	53 ml	50 ml	7.6113 g	LRC2.1	**19**
2,16753333 g/cm^3	53 ml	50 ml	6.5026 g	LRC2.2	**20**
2,2198 g/cm^3	55 ml	50 ml	11.0990 g	LRC2.3	**21**
4,1596 g/cm^3	51 ml	50 ml	4.1596 g	BS1	**22**
2,5466 g/cm^3	52 ml	50 ml	5.0932 g	BS2	**23**
1,91975 g/cm^3	52 ml	50 ml	3.8395 g	BS3	**24**
2,07025 g/cm^3	54 ml	50 ml	8.2810 g	BM1	**25**
2,06115 g/cm^3	54 ml	50 ml	8.2446 g	BM2	**26**
1,88142 g/cm^3	55 ml	50 ml	9.4071 g	BM3	**27**
1,858525 g/cm^3	58 ml	50 ml	14.8682 g	BSM1	**28**
2,46852 g/cm^3	55 ml	50 ml	12.3426 g	BSM2	**29**
1,82195714 g/cm^3	57 ml	50 ml	12.7537 g	BSM3	**30**
2,670575 g/cm^3	54 ml	50 ml	10.6823 g	BSB1	**31**
2,0957 g/cm^3	55 ml	50 ml	10.4785 g	BSB2	**32**

1,96201667 g/cm^3	56 ml	50 ml	11.7721 g	BSB3	**33**
2,0586 g/cm^3 g/cm^3	52 ml	50 ml	4.1172 g	BR1	**34**
1,10233333 g/cm^3	59 ml	50 ml	9.9210 g	BR2	**35**
1,0848 g/cm^3	57 ml	50 ml	7.5936 g	BR3	**36**

الجـــــدول(3)

3. اختبار المساميـــــة:

المسامية هي حجم الفراغات المتواجدة في المادة بالنسبة لحجمها الكلي، ويمكن من خلال ما سبق تحديد المسامية الظاهرية .

1.3. المسامية الظاهرية (المسام المفتوحة):

هي نسبة حجم المسام المفتوحة إلى الحجم الكلى معبراً عنها كنسبة مئوية.

خطوات العمل:

- نجفف العينات في درجة حرارة 100 درجة مئوية حتى الحصول على كتلة ثابتة(ك1).
- نضع العينات في الحمام المائي في درجة حرارة 80 درجة مئوية لمدة ساعتين من الزمن.
- نخرج العينات و نقوم بتبريدها بماء عادي، ونزيل الماء السطحي بواسطة منشفة جافة ثم نزنها للحصول على (ك2).

المسامية الظاهرية تعطى بالعلاقة التالية[206]:

$$م\text{الظاهرية} = \frac{(ك_2 - ك_1) \times ك\text{ح الظاهرية}}{ك_1} \times 100\ \%$$

[206] - قبوب لخضر سليم، **المرجع السابق**، ص 113.

2.3. حساب المساميـــة الظاهريـــــة (مظ):

الرقم	العينات	المسامية الظاهرية
1	LM1.1	1,45928942
2	LM1.2	385,396946
3	LM1.3	585,671207
4	LM2.1	0,58886999
5	LM2.2	1,64748016
6	LM2.3	291,89723
7	LM3.1	3,59008241
8	LM3.2	1,2775526
9	LM3.3	5,13416564
10	LM4.1	3,74973326
11	LM4.2	0,97419942
12	LM4.3	2,50869617
13	LS1	0,68129344
14	LS2	0,56367902
15	LS3	1,53066106
16	LRC1.1.	9,77445676
17	LRC1.2	10,5303184
18	LRC1.3	19,3397776
19	LRC2.1	8,11693543
20	LRC2.2	10,7211349
21	LRC2.3	8,71200268
22	BM1	14,9539589
23	BM2	5,23689327
24	BM3	0,56810833
25	BS1	6,37300786
26	BS2	4,79731707
27	BS3	4,57366123
28	BSB1	5,75700428

4,25609377	BSB2	29
4,40533006	BSB3	30
2,38949846	BMS1	31
2,97011469	BMS2	32
3,06186341	BMS3	33
3,90931928	BM1	34
1,60307883	BM2	35
1,58764027	BM3	36

الجدول(4): نتائج حساب المسامية الظاهرية

4. اختبـــار التـــدرج الحبيبـــي بالغربلـــــــة:

التدرج الحبيبي هو تحديد الحجم الطبيعي للركام بفصل حبيباته عن بعضها البعض لمقاساتها بواسطة مجموعة من المناخل غرابيل ذات القطر الأكبر من > 0.08 مم، مرتبة حسب مقاس فتحتها و موضوعة فوق بعضها البعض (الصورة 45) بحيث يكون أكبرها مقاسا في الأعلى وأصغرها مقاسا في الأسفل، ويجرى نخل الركام عليها ويحدد الوزن المحجوز على كل منخل (المنخل يعرف بمقاس فتحة أي طول ضلع الفتحة)، ثم تحسب النسبة المئوية لوزن الركام المار من كل منخل[207].

II .1.4. أدوات العمل:

- مجموعة مناخل(غرابيل).
- ميزان بحساسية 0.1 غ.
- أتوف تجفيف.
- هزاز ميكانيكي.

2.4. خطوات العمل:

نقوم بتحضير العينات من التربة وذلك حسب القاعدة الوزن التجريبي أي:

[207]- خواص و اختبارات المواد، **المرجع السابق**، ص9.

كتلة التجربة (غ) = 2 x القطر الأكبر المستعمل(مم).

- غسل العينة على المنخل(الغربال 0.08 مم)ثم نجففها في أتوف التجفيف (ك).[208]

- نحضر سلسلة من المناخيل أو الغرابيل فوق بعضها البعض حيث يكون الغربال ذو القطر الأصغر من الأسفل إلى الغربال ذو القطر الأكبر إلى الأعلى، مع وضع إناء قاعدي في الأسفل وغطاء في الأعلى لمنع تطاير المادة.

- نفرغ العينات المرونة فوق الغربال العلوي ونشغل الهزاز الكهربائي أو باليد لمدة زمنية معينة.

- بعد انتهاء المدة الزمنية لعملية الغربلة، نزن الكمية المرفوضة من المادة في كل غربال على حداء.

نقوم بحساب المرفوض الكلي بالنسبة المئوية:

$$\text{النسبة المتبقية على كل منخل} = \frac{\text{وزن المادة المرفوضة على كل منخل}}{\text{الوزن الكلي الجاف (ك)}} \times 100\%$$

حساب نسبة المار على كل منخل تعطى بالعلاقة الآتية:

نسبة المارة(%)=100- النسبة المتبقية (%)

هناك عدة مقاييس لتقييم حجم الحبيبات وتعريفها منها النظام الدولي "international system ASTM D421 » والذي يعتمد على تحديد قطر الحبيبات كما يلي[209]:

قطـــر الحبيبـــات (مـــم)	المجموعـــــــة
أكثر من 2	الحصى
من 0.2 – 2	الرمل الخشن

208 - قبوب لخضر سليم، **المرجع السابق**، ص 113

209 - نفسه، ص ص 114-115.

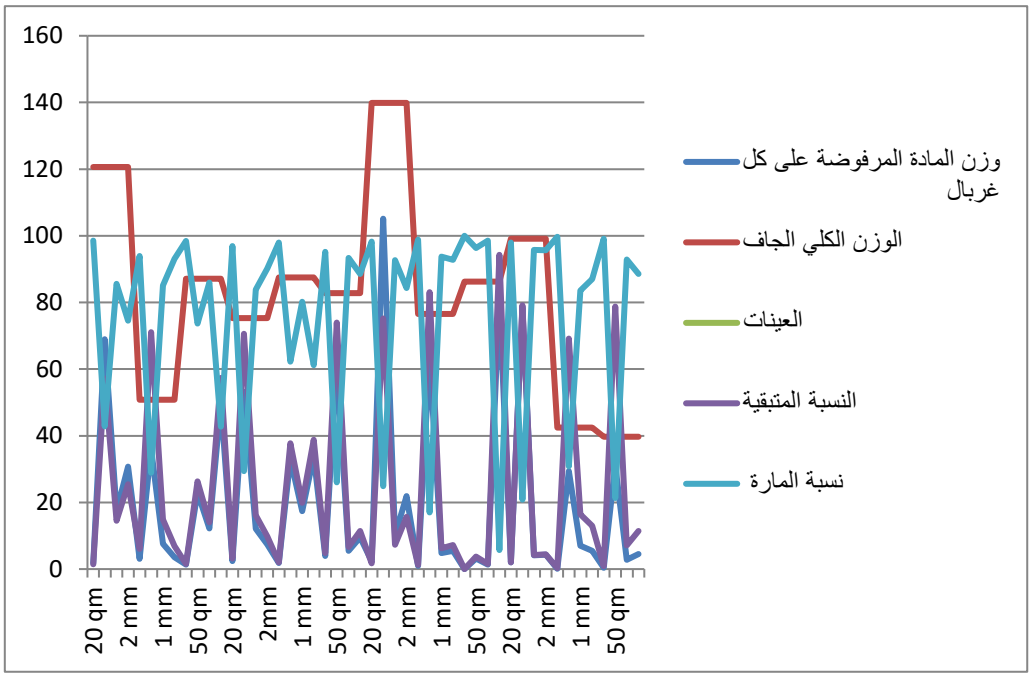
الرمل الناعم	0.2 – 0.02
الطمي	0.02 – 0.002
الطين	اقل 0.002

الجـــدول(5)

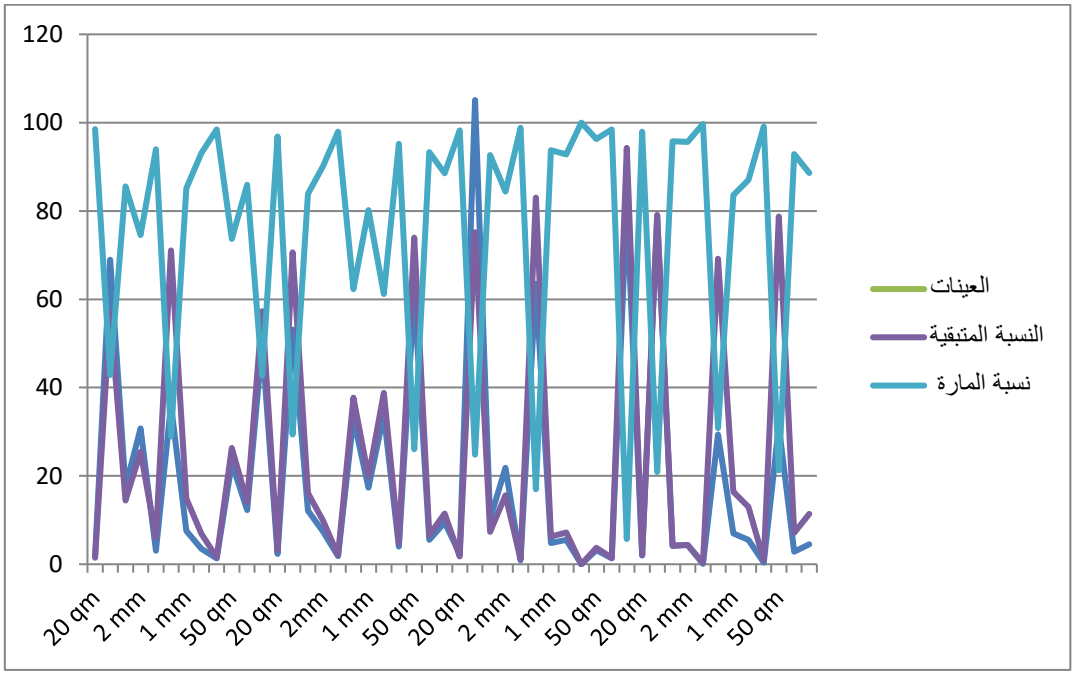
العينات	النسبة المتبقية	نسبة المارة
BM	1,48570813	% 98,5142919
	57,1702062	% 42,8297938
	14,4664893	% 85,5335107
	25,4790615	74,5209385%
BS	6,04933415	% 93,9506659
	71,0706769	% 28,9293231
	14,9066625	% 85,0933375
	6,91110805	% 93,0888919
BR	1,5151202	% 98,4848798
	26,3319025	% 73,6680975
	14,0494843	% 85,9505157
	57,2982768	% 42,7017232
BMS	3,13822201	% 96,861778
	70,6229432	% 29,3770568
	16,1094334	% 83,8905666
	9,84016064	% 90,1598394
BSB	2,05900508	% 97,9409949
	37,7445019	62,2554981%
	19,833341	% 80,166659
	38,7964656	% 61,2035344
	4,79535611	% 95,2046439
	73,9784715	% 26,0215285

LM1	6,64974889	% 93,3502511
	11,4435348	% 88,5564652
LM2	1,73193105	% 98,268069
	75,1596874	% 24,8403126
	7,30458221	% 92,6954178
	15,627203	% 84,372797
LM3	1,20275925	98,7972408%
	83,0369246	% 16,9630754
	6,27340714	% 93,7265929
	7,17943087	% 92,8205691
LM4	0	% 100
	3,69842637	% 96,3015736
	1,5023263	% 98,4976737
	94,2842502	% 5,71574985
LS	2,02157422	% 97,9784258
	79,1125849	% 20,8874151
	4,21177263	% 95,7882274
	4,3787832	% 95,6212168
LRC1	0,27103912	% 99,7289609
	69,1694183	% 30,8305817
	16,4195497	% 83,5804503
	12,9947937	% 87,0052063
LRC2	0,88998577	% 99,1100142
	78,7219361	% 21,2780639
	7,11661231	% 92,8833877
	11,4144327	% 88,5855673

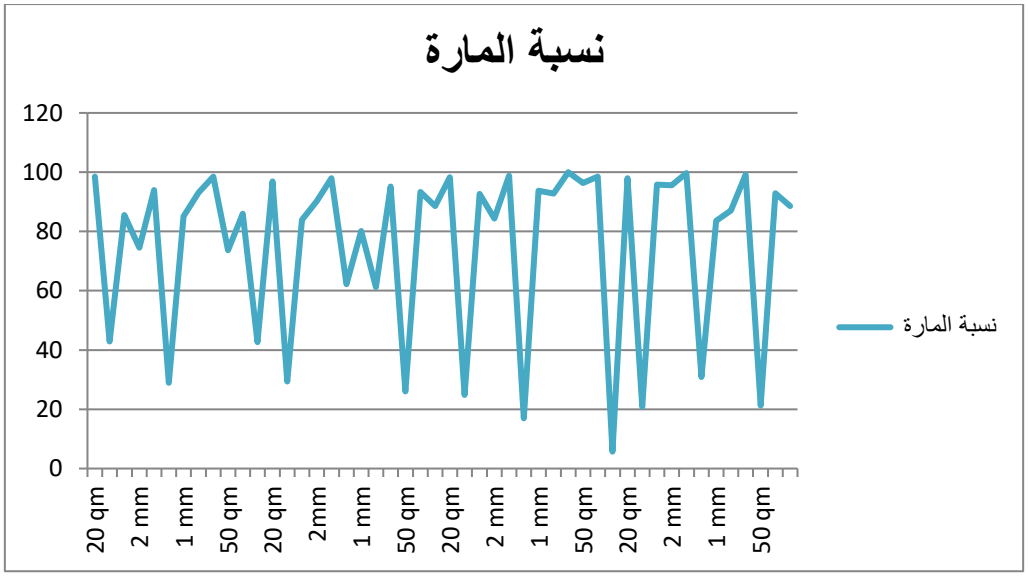
جدول(6): نتائج حساب النسبة المتبقية ونسبـــة المـــارة



المنحنى (1): يمثل البياني قيم اختبار التدرج الحبيبي للعينات.



المنحنى (2): يمثل المنحنى البياني نسب المتبقية والمارة للعينات



المنحنى (3): يمثل المنحنى البياني النسب المتبقية للمارة

5.اختبـــار تحديد نسب الرطوبة:

نقوم بسحق العينات جيدا ونزنها، ثم ندخل مسطرة جهاز الهيجرومتر « Hygromér » ثم نقوم بقراءة نسبة الرطوبة المحتجزة في كل عينة، وهذه النسب تتناسب طرديا مع أوزانها.

الهيجرومتر:

وهو جهاز لقياس نسبة الرطوبة في الهواء الجوي، ويطلق عليه أيضا هيومدستات والجزء الحساس فيه غالبا مصنوع من مادة تتأثر بالرطوبة حيث تتمدد تلك المادة بزيادة الرطوبة وتنكمش بنقصانها، ويطلق على هذه المادة بالعنصر الهيجروسكوبي.

نسبة الرطوبة في العينات	العينـــة	
00.2%	LS1	**01**
00.2%	LM1	**02**
01.0%	LM2	**03**
00.1%	LM3	**04**
00.8%	LM4	**05**
02.6%	LRC1	**06**
01.4%	LRC2	**07**
01.9%	BS1	**08**
00.4%	BM1	**09**
02.6%	BSM1	**10**
00.4%	BSB1	**11**
03.6%	BR1	**12**

الجدول(7): نسب الرطوبـــة فـــي العينـــات

6. اختبـــار تأثير الملوثات الكيمائية (الأحماض والقواعد):

تأثير الملوثات الكيمائية (الأحماض والقواعد) على المعلم الأثرية نظرا لوجود الغازات الملوثة في الجو والتي تتفاعل مع الماء مشكلة أحماضا مختلفة أو قرب المعالم التاريخية من المناطق الساحلية (البحر) مما يعني وجود عناصر قاعدية، وبغية معرفة تأثير هذه المحاليل على مختلف العناصر الإنشائية للمعلم الأثري (خاصة حجارة البناء)، نقدم هذا النوع من التحليل لفهم أوضح لهذه التفاعلات والأثر الذي تخلفه على هذا النوع من المواد خطوات التجربة[210] ومن أجل القيام بهذه التجربة نقوم بتحضير محلول حمض الآزوت (HNO_3) بتركيز مخفف ونسبته 10%.

[210] - قبوب لخضر سليم، **المرجع السابق**، ص 119.

أما عن الأسس (المحاليل القاعدية) فاخترنا محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز مخفف وقدرة (10غ من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) + الماء 100ملل) يخلط جيدا، ثم نقوم بواسطة سحاحة بإضافة قطرات من المحلول على سطحها، و ملاحظة التفاعلات و التغيرات التي تطرأ عليها.

7. اختبـــار تأثيـــر الحـــــرارة:

تهدف هذه التجربة (الصدم الحراري) إلى معرفة أقصى درجة حرارة يمكن لمادة الأثر(حجارة، قطع فخار، زجاج.. الخ) أن تتحملها من دون أن يحدث لها أي تغير خارجي، نضع العينات في الفرن مدة 5 دقائق، بعدها نخرجها ونضعها في إناء به ماء بارد درجة حرارته 5 م° (درجة مئوية) وتكون درجة حرارة الفرن متغيرة تصاعديا.

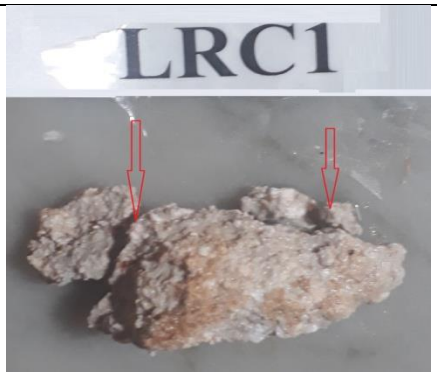
<u>ملاحظـة:</u>

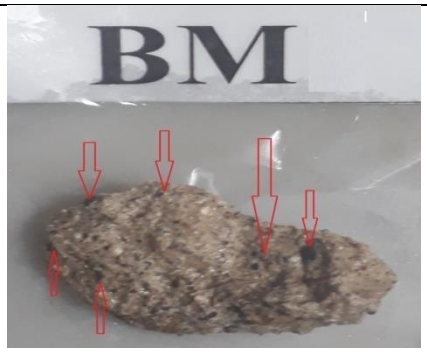
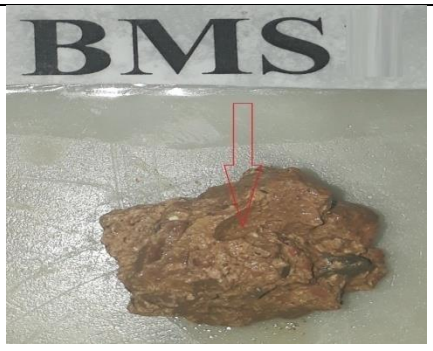
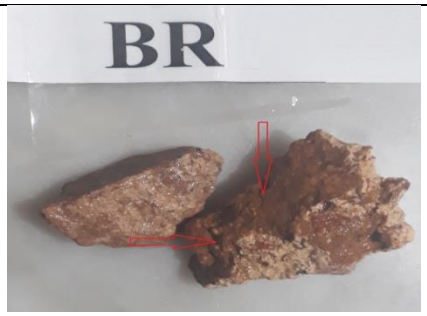
في هذه التجربة اخترنا درجات الحرارة متفاوتة تبدأ من 80 م° ثم 180 م° وأخيرا 250 م°[211].

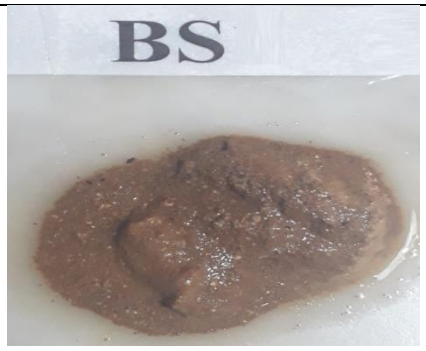
أ/- الصدم الحراري في درجة 80 م°

العينات	درجة الحرارة	العينات بعد الصدم الحراري	الملاحظة
LM1	80 م°		لم تطرأ على العينة أي تغيرات

[211] - قبوب لخضر سليم، **المرجع السابق**، ص 119.

لم تطرأ على العينة أي تغيرات		80 م°	**LM2**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات		80 م°	**LM3**
انفصال وتفكك الحصى المشكلة للملاط نتيجة الصدم الحراري		80 م°	**LM4**
انفلاق وظهور تشققات على حواف العينة نتيجة الصدم الحراري.		80 م°	**LRC1**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.		80 م°	**LRC2**

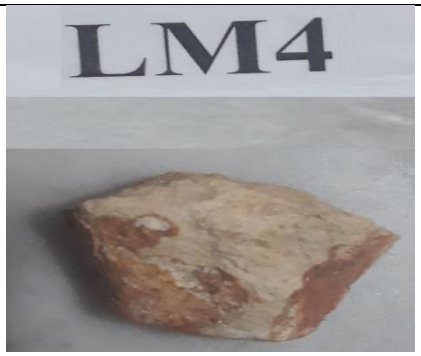
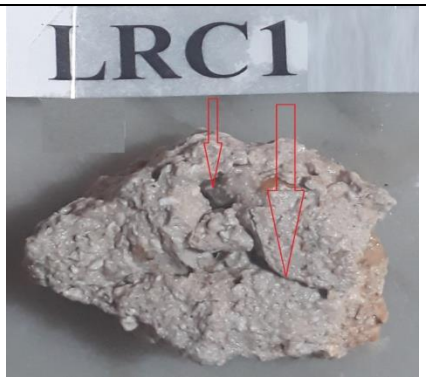
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.		80 م°	**LS**
اتساع مسامات العينة		80 م°	**BM**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات		80 م°	**BSB**
انفصال وتفكك الحصى المشكلة للملاط نيجة الصدم الحراري		80 م°	**BMS**
ظهور بعض التشققات على العينة في حوافها		80 م°	**BR**

BS	80 م°		تحولت العينة من الحالة الصلبة إلى السائلة

الجدول(8)

ب/- الصدم الحراري في درجة 180 م°

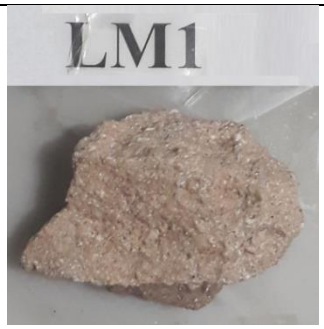
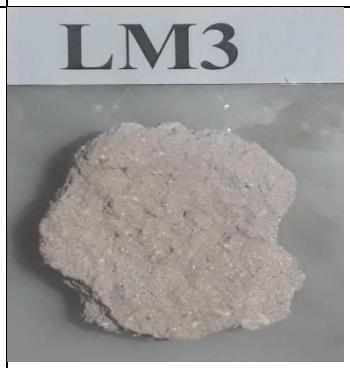
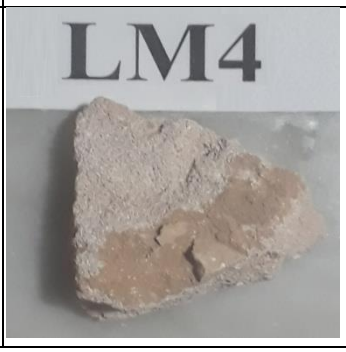
العينات	درجة الحرارة	العينات بعد الصدم الحراري	الملاحظة
LM1	180 م°		لم تطرأ أي تغيرات على العينة.
LM2	180 م°		لم تطرأ أي تغيرات على العينة.
LM3	180 م°		لم تطرأ أي تغيرات على العينة.

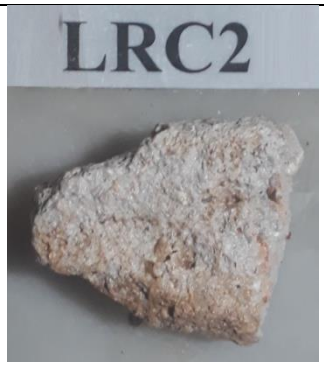
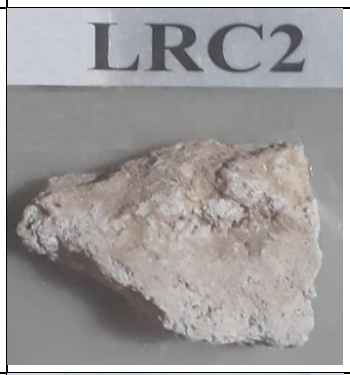
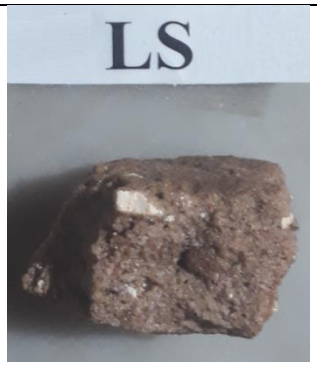
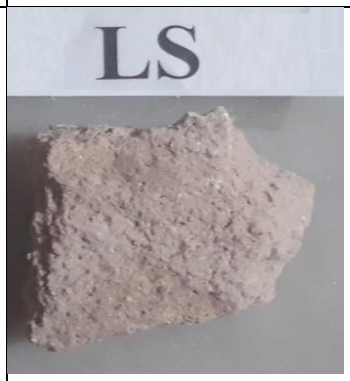
لم تطرأ أي تغيرات على العينة.		180 م°	**LM4**
انفلاق جزئي للعينة بعد الصدم الحراري.		180 م°	**LRC1**
ظهور تشققات على السطح وعلى جوانب العينة.		180 م°	**LRC2**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.		180 م°	**LS**
اتساع مسامات العينة.		180 م°	**BM**

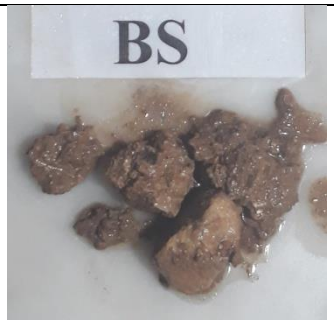
BSB	180 م°		انفلاق العينة.
BMS	180 م°		انفلاق العينة وتفتت جزء منها.
BR	180 م°		انفلاق جزئي للعينة.
BS	180 م°		عدم تماسك العينة.

الجدول(9)

ثالثا: الصدم الحراري في درجة 250 م°

العينات	درجة الحرارة	العينات قبل الصدم الحراري	العينات بعد الصدم الحراري	الملاحظة
LM1	250 م°			لم تطرأ على العينة أي تغيرات.
LM2	250 م°			ظهور تشققات على سطح العينة
LM3	250 م°			لم تطرأ على العينة أي تغيرات.
LM4	250 م°			لم تطرأ على العينة أي تغيرات.

ظهور تشققات على سطح وحواف العينة نتيجة الصدم الحراري.			250 م°	**LRC1**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.			250 م°	**LRC2**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.			250 م°	**LS**
نلاحظ تغير ملمس العينة ولونها بعد الصدم الحراري.			250 م°	**BM**
لم تطرأ على العينة أي تغيرات.			250 م°	**BSB**

BMS	250 م°			انفصال الحصى وانتزاعها المشكلة للعينة.
BR	250 م°			ظهور تشققات طفيفة.
BS	250 م°			عدم تماسك العينة بعد الصدم الحراري.

الجدول(10)

8. اختبـــار نسبــة كربونات الكالسيوم:

تعتبر "carbonate ométrie" طريقة لحساب نسبة كربونات الكالسيوم في عينات الملاط أو عينات من مواد أخرى، و لقياس هذه النسبة نستعمل جهاز "كلسيمتر برنارد" (الصورة22)، الذي يتكون من أنبوب مدرج من 0 إلى 100سم^3 يحتوي على سائل ملون بغرض القراءة عليه والذي يثبت على حامل، يتصل أحد طرفي الأنبوب بقنينة التي تحدد بها مستوى السائل (الحجم الابتدائي h_0)، وطرفه الأخر موصول ببوتقة يوضع فيها أنبوب صغير يحتوي على حمض مع المادة التي يراد اختبارها، عند ميلان البوتقة يتسرب الحمض كلورهيدريك (HCl) بتركيز 10%

الموجود في الأنبوب الصغير على المادة، ويحدث التفاعل الذي يصاحبه انطلاق CO_2 فيتغير مستوى السائل الملون وبالتالي نقرأ (الحجم الجديد h_1).

يمكننا ترجمة التفاعل الحاصل وفق المعادلة الكيميائية التالية:

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

الصورة (20): جهـــاز كلسيمتر برنارد

لتعيين نسبة كربونات الكالسيوم في عينة من المادة نقوم أولا بتعين غاز CO_2 المنطلق من كتلة 0,1غ من عينة من كربونات الكالسيوم النقية، ثم نقيس حجم غاز CO_2 المنطلق من كتلة 0,1غ من عينة المادة المراد اختبارها، وبعدها نقوم بتطبيق العملية الحسابية التالية:

$$\%CaCO_3 = \frac{V_{éch}}{V_{CaCO_3}} \times 100$$

حيث:

V éch: حجم غاز CO_2 المنطلق من العينة.
$VCaCO_3$: حجم غاز CO_2 المنطلق من عينة كربونات الكالسيوم النقية[212].

تم تطبيق هذه التجربة على 12 عينة من الملاط (7 عينات من برج بوسكارين و 5 عينات من موقع ملاكو)، والنتائج المحصل عليها مدونة في الجدول(11).

العينـــة	الحجم الابتدائي h_0	حجم غاز CO2 المنطلق(ملل) h_1	نسبة الكربونات %
$CaCo_3$	2.5غ	23غ	100%
LM1	1.5غ	4غ	%12.19
LM2	1.3غ	4.4غ	%15.12
LM3	1.6غ	3.3غ	% 8.29
LM4	2غ	6.5غ	%21.95
LS	1.4غ	4.1غ	13.17%
LRC1	2.7غ	5.2غ	%9.80
LRC2	2.3غ	6.6غ	%20.97
BS	2.2غ	3.5غ	%6.34
BM	1.7غ	6.8غ	%24.87
BSM	2.6غ	4.9غ	%11.21
BSB	1.5غ	4.2غ	%13.17
BR	1.4غ	5.2غ	%18.53

الجدول(11): يبين نتائج نسبة الكربونات

[212] - أرزقي بوخنوف، **تشخيص الطوب المشكل لهياكل قصري النزلة وتماسين (ولاية ورقلة)**، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في علم الآثار تخصص صيانة وترميم، جامعة الجزائر، 2012، ص 140-141.

ملاحظـــة:

- لقد تم اختيار أنواع البروتوكولات المطبقة (التحاليل المخبرية) على العينات المختارة للدراسة وفقا لما أتيح لنا من الأجهزة المخبرية المتوفرة.
- تمت التحاليل المخبرية بكلية علوم الطبيعة والحياة قسم علوم الفلاحة والبيطرة بجامعة الجلفة زيان عاشور، وتم قياس نسبة الكربونات على مستوى معهـــد الآثار بني مسوس - جامعة الجزائر-2-

خلاصـــــــة الفصـــل:

يتضح لنا من خلال إجراء التحاليل المخبرية لعينات حصن بوسكارين و موقع ملاكو، أنها أفضل تطبيق من أجل الحصول على معطيات صحيحة، وأيضا لمعرفة تشكيل تركيبات الملاط وبالإضافة إلى أهمية الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للملاط في مدى مقاومته للعوامل المناخية فالمعطيات الفيزيائية كامتصاص الماء والمسامية ونفاذية الرطوبة والحرارة .....الخ تتحكم في تلف الملاط، فعند إجراءنا لهذه التحاليل استخلصنا أن اختلاف تركيبة الملاط حسب حاجة استعماله أو لما تفرضه بيئته.

الفصل الخامس

تحليل النتائج وتشكيل تركيبات المـــلاط

تساعد التحاليل المخبرية في معرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستعملة في البناء، أي معرفة المادة عن قرب من خلال الحقبة الزمنية والعناصر المكونة لها من حيث الكم والنوع وطرق ووسائل صنعها، وهذا من أجل تشخيص أوضح للعوامل المسببة لتلف هذه المواد وفهم آلية تهورها، وكذلك بغية اقتراح حلول ناجعة وفعالة من أجل القضاء على التلف من دون المساس بالمادة الأصلية أو التسبب في مشكلة إضافية، كما تساعدنا في الاختيار الأمثل لمواد الترميم تكون متماشية وغير مؤثرة على المادة الأصلية.

I. تحاليـــــل نتائـــج الاختبارات:

1. تحليل نتائج اختبـــار معامل امتصاص الماء:

نلاحظ قدرة امتصاص عالية للعينة (LM1) وهذا يدل على اتساع مساماتها، أما العينات (LM2 LM3 LM4) فهناك امتصاص بكمية قليلة إلى قليلة جدا أم في ما يخص ملاط الأرضية لعينات حصن بوسكارين فنلاحظ كمية امتصاص للماء طفيفة، أما عن تلبيس العمود من الجهتين (الأمامية والخلفية) فنلاحظ قدرته على امتصاص الماء بنسبة لا بأس بها .

أما عينات موقع ملاكو(BM1) ملاط الجدار الشمالي للموقع فنلاحظ كمية امتصاص طفيفة بمقارنتها مع الجدار (LM1) بالحصن ونلاحظ كذلك أن امتصاص تراب ملاط الأرضية لملاكو بكمية لا بأس بها مقارنة مع ملاط أرضية الحصن، فيما يخص أرضية الحوض و ملاط الأرضية فكمية الامتصاص كانت بنسبة قليلة، بالنسبة للتلبيس فقدرته على امتصاص كمية الماء جاءت بقيم لا بأس بها.

من خلال ما سبق نستطيع القول أن الجدار « LM1 » المدخل الرئيسي للحصن من الجهة الشرقية (الواجهة الأمامية) تم امتصاص كمية كبيرة جدا من الرطوبة ربما هذا راجع إلى اتساع مسامات ملاط الجدار من جراء الملوثات

الطبيعية مثل الأمطار الحمضية، وهذا عكس الجدار«LS» و «LM4» واللذان كانت قدرتهما على امتصاص كمية الرطوبة المكتسبة ضئيلة جدا وهذا ربما راجع إلى أن الجدار الداخلي للحصن مزود بشرفة تحميه من تساقط الأمطار المباشر عليه، وكذا ملاط الأرضية في الجهة الغربية نستنتج انه بعيد عن الرطوبة وتساقط الأمطار.

2. تحليل اختبار الكتلة الحجمية الظاهرية:

بالنسبة لحصن بوسكارين نجد أعلى قيمة للكتلة الحجمية الظاهرية في عينة ملاط الأرضية ثم تليها قيمة عالية في عينة الجدار الشرقي للواجهة الخلفية، وأصغرها في في عينة ملاط المدخل الرئيسي للحصن من الجهة الشرقية للواجهة الأمامية، أما العينات المتبقية (الجدار الشمالي للحصن، الجدار الداخلي للحصن الواجهة الغربية، تلبيس العمود الواجهة الجنوبية من الجهتين الأمامية والخلفية) تكون قيم الكتلة الحجمية الظاهرية متوسطة.

أما بالنسبة لموقع ملاكو أعلى قيمة للكتلة الحجمية الظاهرية في عينة ملاط تراب الأرضية أما العينات المتبقية (ملاط الجدار الشمالي للموقع، ملاط أرضية الحوض، ملاط الأرضية للواجهة الغربية للموقع، ملاط تلبيس الجدار الغربي) تكون قيم الكتلة الحجمية الظاهرية متوسطة، وما نلاحظه أنه لا توجد قيم صغيرة في عينات موقع ملاكو.

نستنتج من قراءة نتائج تحليل الكتلة الحجمية الظاهرية أن أعلى قيمة في حصن بوسكارين في عينة ملاط الأرضية وكذلك بالنسبة لموقع ملاكو توجد في ملاط تراب الأرضية أي أنالكثافة عالية بملاط الأرضية لكلاهما، وبالتالي فإن كثافة ملاط الأرضية لكلا الموقعين عالية.

3. تحليل نتائج اختبار المسامية الظاهرية:

إن نتائج المسامية الظاهرية للعينات ما هي إلا تأكيد على نتائج معامل امتصاص الماء للعينات، فامتصاص الماء للعينات يتناسب طرديا مع مساميتها الظاهرية.

4. تحليل نتائج اختبار التدرج الحبيبي بالغربلة:

أ/- عينات حصـــن بوسكارين:

العينات (LM1, LM2, LM3): نجد نسبة الرمل الناعم عالية جدا فيها أما نسبة الحصى فهي قليلة ونسب الرمل الخشن والطمي قليلة جدا.

العينة (LM4): نلاحظ نسبة الحصى عالية جدا ونسب الرمل بنوعيه الناعم والخشن ضئيلة جدا وانعدام الطمي تماما في تشكيل تراكيب العينة .

العينات (LS, LRC1, LRC2)نجد تشكيل تركيبات العينات كالآتي: نسبة الرمل الناعم عالية في تركيبهم أما في ما يخص نسب الرمل الخشن والحصى فهي قليلة، ونسبة تواجد الطمي فهي قليلة جدا تكاد تنعدم.

ب/- عينات موقــع ملاكـــــــو:

العينة (BM): نلاحظ نسبة الرمل الناعم المشكلة في تركيب لملاط العينة كبيرة جدا، ثم تأتي نسبة الطمي بنسبة عالية هي الأخرى تليها نسبة الرمل الخشن أما الحصى فهي موجودة بنسب قليلة جدا.

العينة (BS): نسبة الرمل الناعم المشكلة في تركيب لملاط العينة عالية جدا أما بالنسبة للرمل الخشن فتواجده بنسبة قليلة جدا، فيما يخص الحصى والطمي فهما تقريبا متساويان ولكن بنسبة ضئيلة جدا أقل من الرمل الخشن.

العينة (BR): نجد نسبة الحصى المشكلة في تركيب لملاط العينة عالية جدا، ثم تليها نسبة الرمل الناعم ويأتي بعدها الرمل الخشن بنسب قليلة، أما في ما يخص الطمي فهو موجود في تركيب ملاط العينة بنسبة قليلة جدا.

العينة (BMS): نلاحظ تركيبة ملاط العينة أنها تتشكل من نسبة عالية جدا من الرمل الناعم وبنسبة قليلة من الرمل الخشن والحصى، ونسبة قليلة جدا من الطمي.

العينة (BSB): نجد تساوي نسبة الرمل الناعم مع الحصى ونسبة لا بأس بها من الرمل الخشن، أما فيما يخص الطمي فهو موجود بنسبة قليلة جدا.

تلك المادة بزيادة الرطوبة وتنكمش بنقصانها، ويطلق على هذه المادة بالعنصر الهيجروسكوبي.

5. تحليـل نتائـــج اختبـــــار الرطوبـــة:

قمنا بحساب نسب الرطوبة باستعمال جهاز الهيجرومتر و أخذ 50غ من مسحوق كل عينة وقياس نسبة الرطوبة فيها، نلاحظ نسبة الرطوبة شبه منعدمة بالنسبة إلى العينات (LM1, LM3, LM4, LS1, BM1, BSB1) وقليلة في (LM2) ومرتفعة بالنسبةإلى (BS1, BR1, BSM1, LRC1, LRC2)، وبهذه النتائج نجد أن أعلى نسبة رطوبة في (BR1) و أقلها في (LM3).

من خلال ما سبق نلاحظ نسب الرطوبة مرتفعة في عينات موقع ملاكو وهذا الأمر منطقي لوجودها في منطقة ذات مناخ رطب ساحلي، مقارنة بعينات حصن بوسكارين ذات النسب الأقل لتواجدها في مناخ جاف صحراوي.

6. تحليل نتائج اختبار تأثير الملوثات الكيميائية (الأحماض والأسس):

العينات	نتائج تأثر العينات بعد إضافة حمض الآزوت(HNO_3)	نتائج تأثر العينات بعد إضافة هيدروكسيدالصوديوم(NaOH)
LM1	فوران وحدوث فقاعات غازية.	لم يطرأ أي تغيير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM2	فوران وحدوث فقاعات غازية وتآكل العينة جزئيا.	لم يطرأ أي تغيير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM3	حدوث فوران.	لم يطرأ أي تغيير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM4	حدوث فقاعات غازية.	لم يطرأ أي تغيير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LRC1	حدوث فوران و ظهور فقاعات غازية وتغير لون الملاط.	نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
LRC2	ظهور بخار وحدوث فوران وفقاعات غازية.	نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
LS1	حدوث فقاعات على القشرة الأفقية للعينة.	- نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - تشكل طبقة بيضاء على السطح. - زيادة في مسامية العينة.
BM	حدوث فقاعات غازية وفوران، وتغير لون العينة إلى اللون الأصفر المخضر، بالإضافة إلى هشاشة الملاط.	- نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - تغير لونها. - ظهور طبقة بلورية بيضاء اللون.

BMS	- حدوث فقاعات غازية. - زيادة مسامية العينة.	امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
BSB	- حدوث فقاعات غازية. - تغير لون العينة.	لم يطرأ أي تغيير على العينة.
BR	حدوث فقاعات غازية.	- امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - اتساع مسامات العينة.
BS	- حدوث فقاعات غازية. - حدوث فوران. - تغير لون العينة. - تحلل العينة وتفتتها.	امتصاص العينة للمحلول القاعدي.

الجدول(12)

- **تحليل تأثير اختبار الملوثات الكيميائية (الأحماض والأسس) بعد مرور 10 أيام:**

العينات	نتائج تأثر العينات بعد إضافة حمض الآزوت (HNO_3)	نتائج تأثر العينات بعد إضافة هيدروكسيدالصوديوم(NaOH)
LM1	تغيير لــون العينــة وهشاشتــها.	تغيــر لون العينــة وظــهور طبقــة بلوريــة بيضــاء من الأمــلاح.
LM2	هشاشة العينـــة.	تغيــر لون العينــة وظــهور طبقــة بلوريــة بيضــاء من الأمــلاح.
LM3	- تغير لون العينة إلى اللون البنــي المحمــر. - هشاشة العينـــــة	تغيــر لون العينــة وظــهور طبقــة بلوريــة بيضــاء من الأمــلاح.
LM4	لم يطرأ أي تغيير على العينــة.	لم يطرأ أي تغيير على العينـــة.
LRC1	تغير لون الملاط بصورة واضحة	

	من اللون الأبيض إلى اللون الأصفر نظرا لوجود الجير بكمية عالية في تركيب العينة.	لم يطرأ أي تغيير على العينة.
LRC2	تلف العينة وهشاشتها مما أدى إلى تفتتها.	تغير لون العينة.
LS1	- امتصاص العينة للمحلول الحمضي. - تآكل حواف العينة. - تغير لون العينة.	لم يطرأ أي تغيير على العينة.
BM	- تغير لون العينة. - هشاشتها وتفتت جزء منها.	ظهور طبقة بلورية بيضاء اللون من الأملاح.
BMS	- تغير في لون العينة (لون أبيض) - زيادة مسامية العينة.	لم يطرأ أي تغيير على العينة.
BSB	تشكل طبقة بيضاء على سطح العينة.	لم يطرأ أي تغيير على العينة.
BR	تغير لون العينة تماما إلى اللون الأبيض.	تغير لون العينة و ظهور طبقة بلورية بيضاء اللون من الأملاح.
BS	تشكل طبقة بيضاء على سطح العينة.	ظهور طبقة بلورية بيضاء اللون من الأملاح على جوانب سطح العينة.

الجدول(13)

نستنتج عدم تأثر أغلب العينات بالملوثات الكيميائية في اليوم الأول من التجربة وكان تأثرها بعد مرور 10 أيام حيث أصبحت أكثر هشاشة و تغير لونها وظهور

طبقة بلورية من الأملاح، وجود هذه الأملاح في العينات يؤكد الجانب الذي تساهم به الأملاح مع الرطوبة لإتلاف الملاط.

7. تحليـــل نتائـــج اختبـــار تأثيـــر الحـــــرارة:

نلاحظ عدم تأثر العينات (LM1)،(LM2)،(LM3)،(LM4)،(LS)، بعد عملية الصدم الحراري في الدرجات المتفاوتة 80 م° و 180 م° و 250 م°، ماعدا العينة، (LM2) والتي ظهرت تشققات على سطحها في درجة حرارة 250 م°، بينما نلاحظ تأثر العينات (LRC1)، (BM)، (BMS)، (BR)، (BS) و حدوث انشقاق حواف العينات وسطحها واتساع المساماتوعدم تماسك العينة وأيضا الانفلاق تختلف درجة الضرر باختلاف درجة الحرارة فمثلا العينة (BM) نلاحظ اتساع مساماتها بعد الصدم الحراري في درجتي 80 م° و 180 م° أما في الدرجة 250 م° فنلاحظ تغير ملمس ولون العينة وهذا لعدم قدرتها على تحمل درجات الحرارة العالية، أما العينتين (LRC2) و (BSB) نلاحظ في درجتي الحرارة 80 م° و 250 م° بعد الصدم الحراري لم تطرأ على العينتين أي تغيرات بينما في درجة الحرارة 180 م° بعد عملية الصدم الحراري نلاحظ ظهور تشققات على جوانب العينة (LRC2) وانفلاق العينة (BSB)ربما هذا راجع لتشكيل ملاط العينة يختلف حتى وان كان في نفس الجدار فنلاحظ في تركيب الملاط وجود الحصى كمواد مالئة كما نجد الآجر أيضا .

من خلال ما سبق نستنتج أن أغلب عينات الملاط الموجود في حصن بوسكارين لم يتأثر بعملية الصدم الحراري بعكس عينات الملاط الموجود في موقع ملاكو والتي معظمها تعرضت للانشقاق والانكسار، وهذا منطقي لأن العينات الموجودة في مناخ جاف وحار جزيئاتها لا تتأثر بالحرارة العالية بينما العينات المجودة في مناخ رطب فان جزيئاتها تكون حساسة للحرارة.

8. تحليل اختبـــار تعيين نسبة الكربونات:

أ/- حصن بوسكارين:

من خلال النتائج المحصل عليها نلاحظ (LRC2،LM4) المتمثلة في الملاط المستعمل في حصن بوسكارين تحتويان على أعلى نسبة من كربونا ت الكالسيوم مقارنة مع باقي العينات، ونلاحظ أيضا أن العينات (LM1، LM2، LS) لهم نسب متقاربة من الكربونات، مما يدل على استعمال نفس المواد الأولية واحترام نفس مقاديرالخلط، في حين أن العينتين (LRC1،LM3) تحتويان على أقل نسبة من كربونات الكالسيوم مما يدل على أن الملاط المشكل لها يحتوي على نسب عالية من الرمل.

ب/- موقع ملاكـــــو:

من خلال النتائج المحصل عليها في العينتين (BR،BM) المتمثلة في تركيب الملاط المستعمل في موقع ملاكو، نلاحظ أنهما تحتويان على نسب عالية من كربونات الكالسيوم مقارنة مع باقي العينات وكذا عينات حصن بوسكارين وهذا دلالة على استعمال الملاط الجيري، ونلاحظ نسب متقاربة في العينتين(BSB،BSM)، أما العينة (BS) فإنها تحتوي على نسبة قليلة جدا من كربونات الكالسيوم وهذا راجع لاحتوائها على نسب عالية من الرمل.

II. إعـــادة تشكيل التركيبـــات:

يمكن الحصول على ملاط الترميم الجيد والذي يسهل تطبيقه ولا يختلف كثيرا في خواصه مع الملاط القديم وذلك عن طريق تجهيز عينات قياسية وإخضاعها لبعض الاختبارات مثل زمن الشك "temps de prise " قوة و معامل الضغط، توزيع المسام، هذا بالإضافة إلى أن يكون ملاط الترميم متوافق بشكل كبير مع مواد البناء القديمة من حيث خواصه الكيميائية والميكانيكية والفيزيائية.

المواصفات الأساسية لملاط الترميم يجب أن يحتوي على أقل قدر ممكن من الأملاح وأن يتشابه بقدر الإمكان في تركيبه وخواصه الميكانيكية مع مواد البناء القديمة المجاور لها في المبنى والتي هي في الغالب عبارة عن أحجار أو طوب محروق[213].

يتم تشكيل تركيبات الملاط بعد الانتهاء من تحضير الكلس (المسيك أو المادة الماسكة Liant) تضاف إليه المادة الصلبة (Agrégat) التي تكون في غالب الأحيان عبارة عن رمل منزوع من الأملاح بعد غسله بالماء، يتم تحضير الملاط بمراعاة بعض النسب حيث تقابل كل ثلاث مقادير من رمل المحجرة أو مقدارين من الرمل البحري أو النهري مقدار واحد من الكلس عند صنع الخليط وتعتبر هذه النسب هي الأفضل لتحضير هذا الخليط، ويستحسن إضافة 4/1 مقدار من المواد المالئة مثل مسحوق لقطع فخارية أو من القرميد للمزيج الذي تكون به مقدارين من رمل النهر، في حالة استعمال البوزولان «Pouzzolane» يجب استعمال مقدار واحد من الكلس مقابل مقدارين من البوزولان حيث تطرقنا في الفصل الثاني لشرح استعمال هذا النوع من الملاط، أما نسبة الماء المستخدمة لكل هذه الحالات من 15 إلى 20 بالمائة[214]، وإضافة الماء يكون تدريجيا بقدر كافي لجعل الخليط مثالي، متجانس ومتماسك والحرص على عدم ترك عجين المواد الرابطة على شكل كتل متماسكة وغير مختلطة[215].

ويذكر لنا أيضا "الدكتور شاو عن تحضير الملاط" وكيفية تركيبه 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

---

213 - سلمان أحمد المحاري، **حفظ المباني التاريخية " مبان من مدينة المحرق"**، المركز الدولي لدراسة صون وترميم الممتلكات الثقافية، الشارقة، 2017، ص39

214- Adam(J-P**), La Construction romaine**, Ed. Picard, Paris, 1989, P 78.

215 - رزيق عبد الرحمان، حمزة محمد الشريف، **المرجع السابق**، ص 276.

بالتناوب وبمدة محددة وهذا لغاية اكتساب المزيج التماسك المطلوب، ويستعمل هذا الملاط في بناء العقود وخزانات الماء وفي الأسطح...الخ، ويكسب هذا الملاط متانة للحجارة لبعض الوقت، كما أنه غير نفوذ للماء"[216].

1. المحاجـــــر (المقالــع):

تعبر الحجارة من أهم مواد البناء التي استعملها الإنسان منذ أقدم العصور، ولا يزال استعمالها في البناء واسع الانتشار وان تعددت وتطورت استعمالاتها، تستعمل في البناء لشدة مقاومتها ولتحملها للثقل، وتعد من المواد الصديقة للبيئة لأنها شديدة الاحتمال والمقاومة ومتوفرة في الطبيعة،

يستخرج حجر البناء من المحاجر(المقالع)* بالفرز والقلع، ويستخدم بأشكال غير منتظمة بالكسر باستخدام المعاول والعتلة تعمل على فصل الصخر إلى كتل كبيرة.

1.1. حصن بوسكاريــن:

إن اغلب المواد المستعملة في حصن بوسكارين لا تخرج عن المواد المحلية، كان الحصول عليها بسهولة، تستخرج الحجارة من المقالع القريبة من الحصن، سواء من حواف الوديان أو بقلعها من الجبال أو البحث عنها بالقرب من أصول الجبال حيث تزاح طبقة من التربة تسمى بالتيف، غالبا ما يكون لونها أبيض، بها نسبة كبيرة من الحصى، وتصنف الحجارة حسب صلابتها فنجد الحجارة الصلبة

---

[216] -Dr Shaw, **Voyage dans la régence d'Alger ou descriptiongéographie, physique, philologique**, Traduit d'Anglais par: J .Mac.Cathy, Marlin éditeur, Paris , 1830, PP 104 -105.

*- **المَحْجَر**: هو المكان في الجبل يُقطع منه الحجارة، و **القلعُ**:هو انتزاع الشيء من أَصله، أو حوله عن موضعه.

والحجارة الهشة [217]، تستخرج الحجارة الجيرية الهشة من المناطق القريبة من موقع البناء، وتكون في الغالب على شكل طبقات حجرية أفقية قليلة العمق[218].

ويحصل لمن كان له الحظ أن يجد في موقع البناء حجارة مناسبة له و إلا يبحث عنها في أماكن أخرى، وتكسر الحجارة إلى قطع قابلة للحمل كي تسهل عملية نقلها، ثم تأخذ إلى موقع البناء على ظهور الدواب.

2.1. موقـــــع ملاكـــــــو:

وبالنسبة للمواد المستعملة في بناء معالم موقع ملاكو لا يزال الفريق المكلف بالبحث لم يعثر على الورشات التي كانت تستغل في تقطيع الحجارة أو آثار القلع والضرب والنحت والفراغات الناتجة عن انتزاع الحجارة من المقالع التي تم استخراج الحجارة المستخدمة في البناء، أما بالنسبة للرمل المستعمل في الملاط فكان يُجلب من وادي الصومام.

وبما أن الرمل كان يجلب وادي الصومام والجير يجلب من المناطق القريبة من الموقع يمكننا القول أن المواد المستعملة في بناء معالم ملاكو لا تخرج عن المواد المحلية، والحجارة تستخرج من المقالع القريبة من الموقع.

مما سبق ذكره أن في كلا الحالتين لا توجد معلومات مؤكدة حول المقالع التي تم جلب منها حجارة البناء لأنه لا توجد دراسات من قبل ولكن مما لاشك فيه أنها قريبة ومحلية سهلة المنال.

---

[217]- DR Shaw , **Op. Cit**, P56.

[218]-Didillon(H et J-M), et Donnadieu(C et P), **Habiter le désert : les maisons mozabites**, 3 éme éd Mardaga, Bruxelles, 1984 ,P 89

2. اقتـــراح تركيبات تشكيـــــل المـــلاط:

2. 1. حصن بوسكارين:

لم يخضع برج بوسكارين من قبل لعمليات الترميم ولا توجد به إضافات ماعدا التدخلات الحديثة والتي تتمثل في إضافة فتحات ونوافذ و قنوات الصرف الصحي وغلق بعض المنافذ وكل هذا يعتبر تدخل عشوائي يضر بالمعلم، ولهذا يجب التدخل الصحيح للمعلم والذي يُثمن ويحافظ عليه من التدهور والزوال، لهذا يجب استعمال الملاط في عمليات الترميم، كما ذكرنا أنه لم يسبق للمعلم أي تدخل أكاديمي من طرف متخصصين في مجال الصيانة والترميم لذا نقترح أن تكون تشكيل تركيبات الملاط هي نفسها المستعملة في القصور الصحراوية وهي عبارة عن ملاط الجير التقليدي و هو معد بالنسب الحجمية التالية حجم واحد من الجير إلى حجمين أو ثلاث من الرمل، ويحصل أن يصل حجم الرمل إلى أربعة أحجام الجير، لكن بصفة عامة من الصعب تحديد نسب حجمية دقيقة للخليط وهذا لعدة عوامل أهمها أن نوعية الرمل المستعمل تلعب دورا كبيرا في تحديد النسب.

أما في ما يخص القطع المالئة فهي عبارة عن قطع الآجر المدقوق وجزيئات التبن، وهذا ما لاحظناه من خلال تجارب التحليل المخبري لعينات الحصن.

أما إذا اتبعنا تحاليل النتائج المخبرية فيمكن استعمال 4 إلى 5 مقادير من الرمل مقابل مقدار واحد من الجير.

2.2. موقـــع ملاكـــــو:

عند اكتشاف الموقع الأثري لملاكو من طرف الفريق المكلف بالبحث تمت عمليات التدخل من طرف الباحثين وفق معايير أكاديمية وبعد عمليات التحاليل المخبرية والتي من شأنها تحدد مقادير التركيبات اللازمة وهي عبارة عن مقدارين ونصف من الجير ومقدار واحد من رمل واد الصومام، أما في ما يخص القطع المالئة فهي عبارة عن قطع الآجر المدقوق.

خلاصـــــة الفصـــــل:

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز التحليل المخبري وفحص المواد المشكلة للملاط الأثري لموقع ملاكو وحصن بوسكارين، بغية تحديد خواص الملاط الأثري للمعلمين وتعيين المواد المشكلة له ومقاومته ومدى تماسك عناصره وسلامة مكوناته وتشخيص العوامل المسببة لتلف الملاط، من أجل اقتراح حلول ناجعة لإيقاف التلف وتحديد تراكيز الملاط المشكل لإعادة تهيئة المعلم وترميمه بمواد تتناسب مع بنيته الأصلية، نستنتج من هذه الدراسة:

نستطيع القول أن نسب معامل امتصاص الماء متفاوتة في المعلمين حيث أن الجدار « LM1 » المدخل الرئيسي للحصن من الجهة الشرقية (الواجهة الأمامية) تم امتصاص كمية كبيرة جدا من الرطوبة ربما هذا راجع إلى اتساع مسامات ملاط الجدار من جراء الملوثات الطبيعية مثل الأمطار الحمضية، وهذا عكس الجدار«LS» و «LM4» واللذان كانت قدرتهما على امتصاص كمية الرطوبة المكتسبة ضئيلة جدا وهذا ربما راجع إلى أن الجدار الداخلي للحصن مزود بشرفة تحميه من تساقط الأمطار المباشر عليه، وكذا ملاط الأرضية في الجهة الغربية نستنتج انه بعيد عن الرطوبة وتساقط الأمطار.

نستنتج من قراءة نتائج تحليل الكتلة الحجمية الظاهرية أن أعلى قيمة في حصن بوسكارين في عينة ملاط الأرضية وكذلك بالنسبة لموقع ملاكو توجد في ملاط تراب الأرضية أي أن الكثافة عالية بملاط الأرضية لكلاهما، وبالتالي فإن كثافة ملاط الأرضية لكلا الموقعين عالية.

تشكيل تراكيب العينات متفاوت بدرجات بحيث في عينات حصن بوسكارين (LM1, LM2, LM3): نجد نسبة الرمل الناعم عالية جدا فيها أما نسبة الحصى فهي قليلة ونسب الرمل الخشن والطمي قليلة جدا، أما العينة (LM4): نلاحظ نسبة الحصى عالية جدا ونسب الرمل بنوعيه الناعم والخشن ضئيلة جدا وانعدام الطمي تماما في تشكيل تراكيب العينة، والعينات (LS, LRC1, LRC2)نجد تشكيل تركيبات

العينات كالآتي: نسبة الرمل الناعم عالية في تركيبهم أما في ما يخص نسب الرمل الخشن والحصى فهي قليلة، ونسبة تواجد الطمي فهي قليلة جدا تكاد تنعدم.

بالنسبة لموقع ملاكو (بترا) نلاحظ العينة (BM): نلاحظ نسبة الرمل الناعم المشكلة في تركيب لملاط العينة كبيرة جدا، ثم تأتي نسبة الطمي بنسبة عالية هي الأخرى تليها نسبة الرمل الخشن أما الحصى فهي موجودة بنسب قليلة جدا.

العينة (BS): نسبة الرمل الناعم المشكلة في تركيب لملاط العينة عالية جدا أما بالنسبة للرمل الخشن فتواجده بنسبة قليلة جدا، فيما يخص الحصى والطمي فهما تقريبا متساويان ولكن بنسبة ضئيلة جدا أقل من الرمل الخشن.

العينة (BR): نجد نسبة الحصى المشكلة في تركيب لملاط العينة عالية جدا، ثم تليها نسبة الرمل الناعم ويأتي بعدها الرمل الخشن بنسب قليلة، أما في ما يخص الطمي فهو موجود في تركيب ملاط العينة بنسبة قليلة جدا.

العينة (BMS): نلاحظ تركيبة ملاط العينة أنها تتشكل من نسبة عالية جدا من الرمل الناعم وبنسبة قليلة من الرمل الخشن والحصى، ونسبة قليلة جدا من الطمي.

العينة (BSB): نجد تساوي نسبة الرمل الناعم مع الحصى ونسبة لا بأس بها من الرمل الخشن، أما فيما يخص الطمي فهو موجود بنسبة قليلة جدا.

تلك المادة بزيادة الرطوبة وتنكمش بنقصانها، ويطلق على هذه المادة بالعنصر الهيجروسكوبي.

في ما يخص تحاليل نسب الرطوبة مرتفعة في عينات موقع ملاكو وهذا الأمر منطقي لوجودها في منطقة ذات مناخ رطب ساحلي، مقارنة بعينات حصن بوسكارين ذات النسب الأقل لتواجدها في مناخ جاف صحراوي.

كما نستنتج عدم تأثر أغلب العينات بالملوثات الكيميائية في اليوم الأول من التجربة وكان تأثرها بعد مرور 10 أيام حيث أصبحت أكثر هشاشة و تغير لونها

وظهور طبقة بلورية من الأملاح، وجود هذه الأملاح في العينات يؤكد الجانب الذي تساهم به الأملاح مع الرطوبة لإتلاف الملاط.

من خلال ما سبق نستنتج أن أغلب عينات الملاط الموجود في حصن بوسكارين لم يتأثر بعملية الصدم الحراري بعكس عينات الملاط الموجود في موقع ملاكو والتي معظمها تعرضت للانشقاق والانكسار، وهذا منطقي لأن العينات الموجودة في مناخ جاف وحار جزيئاتها لا تتأثر بالحرارة العالية بينما العينات المجودة في مناخ رطب فان جزيئاتها تكون حساسة للحرارة

وأخيرا بالنسبة لاختبار تعيين نسبة الكربونات نلاخظ:

أ/- حصن بوسكارين:

من خلال النتائج المحصل عليها نلاحظ (LRC2،LM4) المتمثلة في الملاط المستعمل في حصن بوسكارين تحتويان على أعلى نسبة من كربونا ت الكالسيوم مقارنة مع باقي العينات، ونلاحظ أيضا أن العينات (LM1، LM2، LS) لهم نسب متقاربة من الكربونات، مما يدل على استعمال نفس المواد الأولية واحترام نفس مقاديرالخلط، في حين أن العينتين (LRC1،LM3) تحتويان على أقل نسبة من كربونات الكالسيوم مما يدل على أن الملاط المشكل لها يحتوي على نسب عالية من الرمل.

ب/- موقع ملاكـــــو:

من خلال النتائج المحصل عليها في العينتين (BR،BM) المتمثلة في تركيب الملاط المستعمل في موقع ملاكو، نلاحظ أنهما تحتويان على نسب عالية من كربونات الكالسيوم مقارنة مع باقي العينات وكذا عينات حصن بوسكارين وهذا دلالة على استعمال الملاط الجيري، ونلاحظ نسب متقاربة في العينتين(BSB،BSM)، أما العينة (BS) فإنها تحتوي على نسبة قليلة جدا من كربونات الكالسيوم وهذا راجع لاحتوائها على نسب عالية من الرمل.

خاتمـــــــــة

خاتمـــــــــة:

من خلال نتائج التحاليل والدراسة و ما تم عرضه في هذا البحث والذي اتبعنا فيه السبل العلمية اللازمة اتضح لنا أن الملاط يعرف حسب المكونات الداخلة في تركيبه ويأخذ خصائصه من مجموع خصائص تلك المكونات.

إن التوثيق الذي قمنا به من خلال التقاط الصور وإظهار حالات التلف وتسجيل الملاحظات، يساهم في الحفاظ على المعلومات الراهنة كما تساعد نتائج التحاليل التي أجريت على العينات المدروسة أيضا في تكوين نظرة معينة للمنطقة مسبقا، وأيضا يمكن استخدامها كمرجع مقارن في دراسات مماثلة .

إن مدى تأثر الملاط بالبيئة الخارجية، والأضرار التي تسببها له راجع لعدة أسباب ولعل أهمها أنه من الحقائق الثابتة أن المباني الأثرية الموجودة في المناطق الجافة قليلة الأمطار تكون أكثر بقاءاً و أكثر ثباتا وتماسكا من تلك التي توجد في المناطق الرطبة غزيرة الأمطار، كما أن تساقط الأمطار الغزيرة يؤدي إلى حدوث ثقوب على أسطح المباني مما يؤدي تفكك وضعف المادة الأثرية.

سرعة الرياح والعواصف تؤدي إلى التعرية، وهي من الأسباب الرئيسية في عمليات هدم ونحر جميع المواد الموجودة على سطح القشرة الأرضية، إن تأثير الرياح على المنشآت الأثرية يتلخص في أنها تؤثر بقوى أفقية متغيرة القيمة والاتجاهات تبعا لموقع المنشأ وقربه أو بعده من المناطق الساحلية.

كما تعتبر الأملاح التي ينقلها الماء بالناقلية مدمرة، باختلاف درجات الحرارة في الليل والنهار، يتبخر الماء الذي نفذ عبر المسامات السطحية للملاط، تتشكل طبقة بلورية من الأملاح، هذه الأخيرة تعمل على زيادة حجم الفلزات داخل المسام وبهذا تؤدي إلى انشقاق وتفتت للملاط.

وباعتبار البحر هو المصدر الأساسي للأملاح في المواقع القريبة من البحر مثل: ملح الهاليت، وهذه الأملاح تجد طريقها إلى مواد البناء في المباني الأثرية بعدة طرق وهي إما عن طريق الترسب الجاف للأملاح المعلقة في الهواء أو بالترسيب الرطب بواسطة الأمطار أو عن طريق ارتفاع الرطوبة من الأرض أو عن طريق تسرب مياه الأمطار من الأسقف.

وقد تؤدي السيول القوية إلى جرف ما تصادفه أمامها من أبنية وأطلال قليلة المقاومة وتلحق الفيضانات أضررا بالغة بالمباني القديمة إذا أغرقتها لأمد طويل، وأخيرا فقد يحدث في بعض المناطق الجبلية، وخاصة الطفلية منها أو الرملية، وتحرك في التربة من جراء تشربها بالمياه، مما يعرض المباني لانزلاق يصعب إيقافه ويتم انزلاق المباني نتيجة لتخلخل التربة أو نزح بعض منها بفعل المياه.

عند تحليلنا لنتائج اختبـــار معامل امتصاص الماء لاحظنا تأثر العينات بالملوثات الطبيعية وتصاعد المياه الجوفية وكذا الأمطار الحمضية والتي تقوم بزيادة حجم مسام الملاط الموجود خاصة في الواجهات الخارجية المعرضة للرطوبة بشتى أنواعها.

وهذا ما يحدث في مساميتها الظاهرية فبعد الاختبار لاحظنا أيضا أن نتائج المسامية الظاهرية للعينات ما هي إلا تأكيد على نتائج معامل امتصاص الماء للعينات، فامتصاص الماء للعينات يتناسب طرديا مع مساميتها الظاهرية.

بمجرد ملاحظتنا بالعين المجردة لنوع الملاط فهو واضح من خلال لونه الأبيض فهو ملاط الجير، وعند تحليل العينات وجدنا تشكيل تركيبات الملاط في حصن بوسكارين في مدينة الأغواط أغلبها نسبة الرمل الناعم عالية جدا تليها نسب الرمل الخشن ونسب الحصى كذالك عالية ونسبة الطمي قليلة جدا إلى منعدمة .

أما فيما يخص عينات موقع ملاكو (بيترا قديما) بمدينة بجاية فنلاحظ نسبة الرمل الناعم والطمي موجودة بنسب كبيرة أما الرمل الخشن فهو موجود بنسب قليلة ومتفاوتة.

نستخلص أن عينات ملاط موقع ملاكو صلبة الملمس وصعبة الكسر مقارنة بعينات ملاط حصن بوسكارين والتي معظمها هشة سريعة الكسر بدون أي بذل مجهود وهذا ربما راجع إلى المناخ بالدرجة الأولى واستعمال المواد المحلية المشكلة للملاط مثل نوعية الرمل والجير والماء والمواد المالئة، نلاحظ وجود هذه الأخيرة بالعين المجردة حيث نجد في ملاط حصن بوسكارين التبن موجود بنسب كبيرة، و كذا الآجر المدقوق جيدا جزيئاته صغيرة جدا، ونجد الحصى صغيرة الحجم، وبمقارنتها بعينات ملاط موقع ملاكو لا نجد التبن، نلاحظ وجود الآجر المدقوق جزيئاته كبيرة إلى جانب الحصى المتفاوتة الحجم، والتي جلبت من على الشواطئ.

وعند إجرائنا لاختبار الرطوبة بواسطة جهاز الهيجرومتر لاحظنا نسب الرطوبة مرتفعة في عينات موقع ملاكو وهذا الأمر منطقي لوجودها في منطقة ذات مناخ رطب ساحلي، مقارنة بعينات حصن بوسكارين ذات النسب الأقل لتواجدها في مناخ جاف صحراوي.

أما فيما يخص نتائج الصدم الحراري فنجد أن أغلب عينات الملاط الموجود في حصن بوسكارين لم تتأثر بالصدم الحراري مقارنة بعينات ملاط موقع ملاكو .

أما النتائج المحصل عليها من اختبار تحديد نسبة الكربونات نلاحظ اختلاف في نسب الكربونات، حيث توجد عينات لهم نسب متقاربة من الكربونات، مما يدل على استعمال نفس المواد الأولية واحترام نفس مقادير الخلط، كما نلاحظ عينات موقع ملاكو توجد بها أعلى نسبة من كربونات الكالسيوم أي استعمال الملاط الجيري.

أما في ما يخص اقتراح تشكيل تركيبات الملاط من اجل الترميم، كما ذكرنا سابقا أن برج بوسكارين لم يخضع من قبل لعمليات الترميم ولا توجد به إضافات ماعدا التدخلات الحديثة والتي تتمثل في إضافة فتحات ونوافذ و قنوات الصرف الصحي وغلق بعض المنافذ وكل هذا يعتبر تدخل عشوائي يضر بالمعلم، ولهذا يجب التدخل الصحيح للمعلم والذي يُثمن ويحافظ عليه من التدهور والزوال، لهذا يجب استعمال الملاط في عمليات الترميم، لذا نقترح أن تكون تشكيل تركيبات الملاط هي نفسها المستعملة في القصور الصحراوية وهي

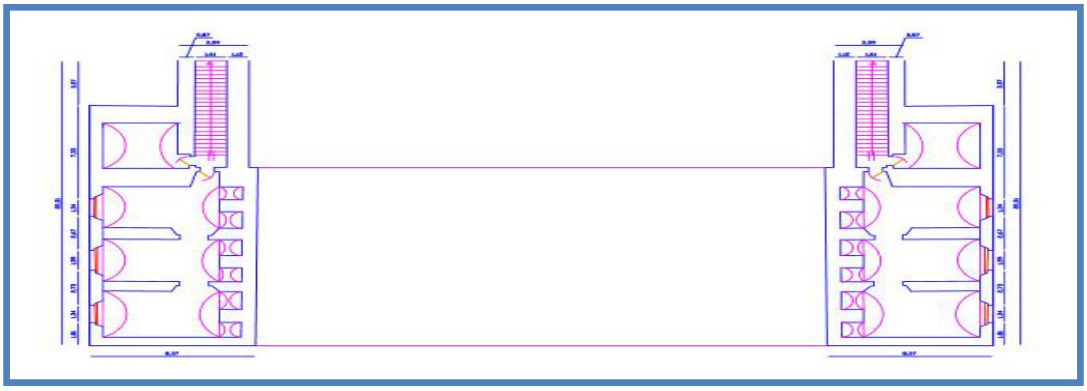
عبارة عن ملاط الجير التقليدي و هو معد بالنسب الحجمية التالية حجم واحد (1) من الجير إلى حجمين أو ثلاث (2 مقدار الى 3) من الرمل، ويحصل أن يصل حجم الرمل إلى أربعة أحجام (4) الجير، لكن بصفة عامة من الصعب تحديد نسب حجمية دقيقة للخليط وهذا لعدة عوامل أهمها أن نوعية الرمل المستعمل تلعب دورا كبيرا في تحديد النسب.

أما في ما يخص القطع المالئة فهي عبارة عن قطع الآجر المدقوق وجزيئات التبن، وهذا ما لاحظناه من خلال تجارب التحليل المخبري لعينات الحصن.

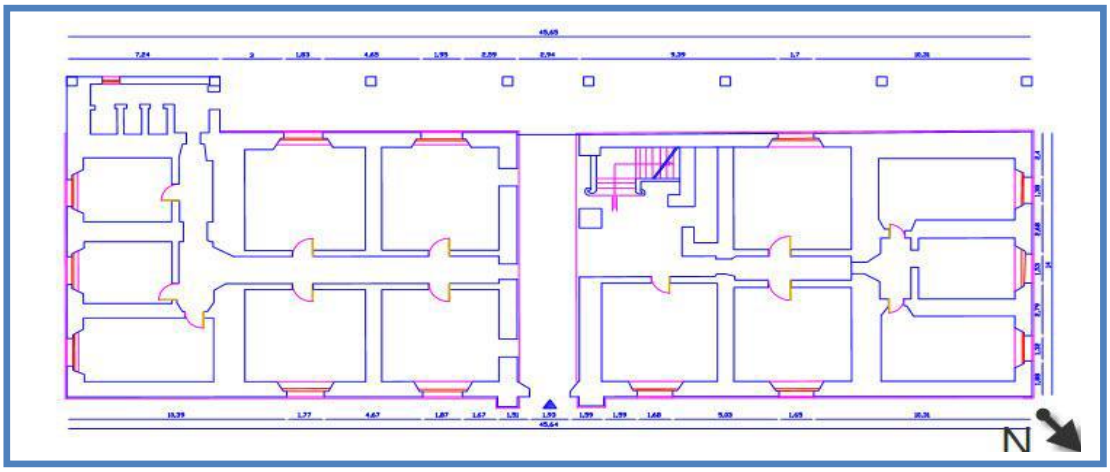
أما إذا اتبعنا تحاليل النتائج المخبرية فيمكن استعمال (4) إلى (5) مقادير من الرمل مقابل مقدار واحد (1) من الجير.

أما في موقـــع ملاكـــــو تمت عمليات التدخل من طرف الباحثين وفق معايير أكاديمية وبعد عمليات التحاليل المخبرية والتي من شأنها تحدد مقادير التركيبات اللازمة وهي عبارة عن مقدارين ونصف (2.5) من الجير ومقدار واحد (1) من رمل واد الصومام، أما في ما يخص القطع المالئة فهي عبارة عن قطع الآجر المدقوق.

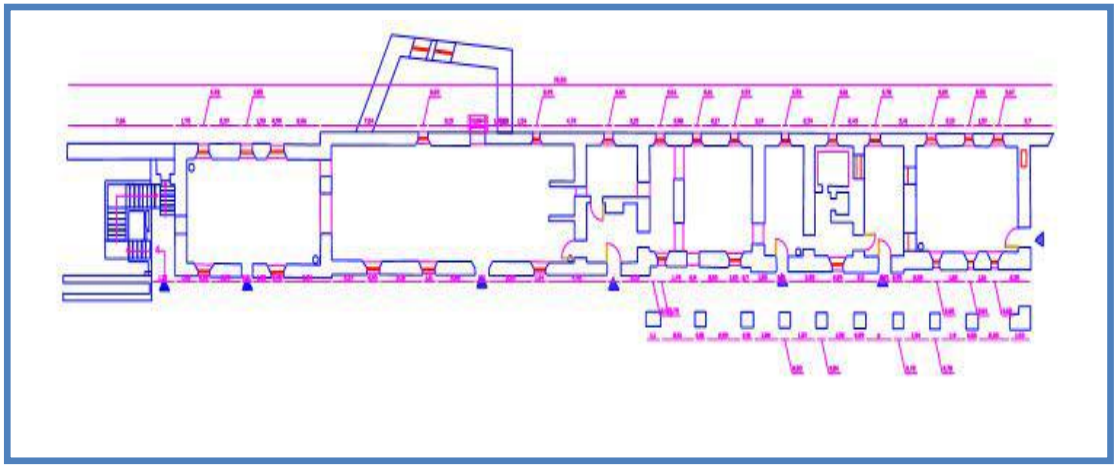
ملحـــق الصـــور
والمخططات والجـــداول



مخطط رقم(1): مخطط القبـــو(الجناح الأول)[219]



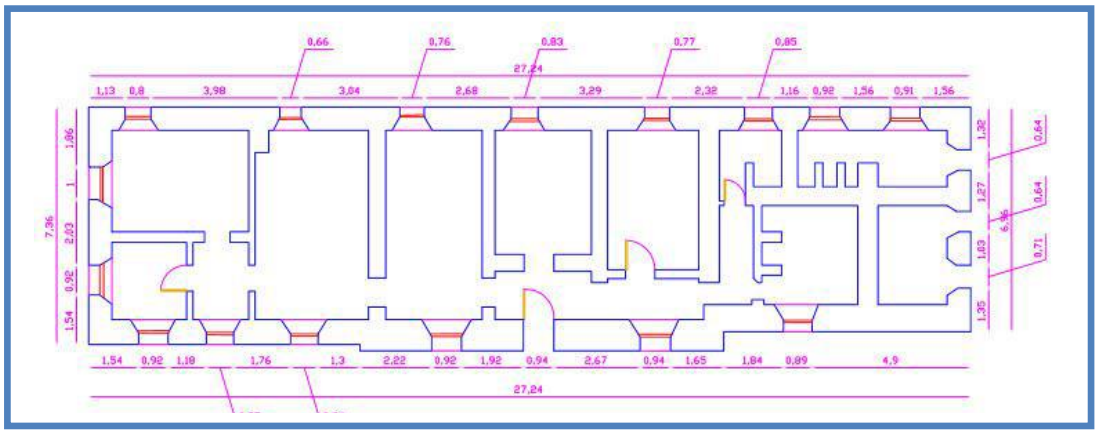
مخطط رقم(2): مخطط الطابق الأرضي (الجناح الأول)[220]



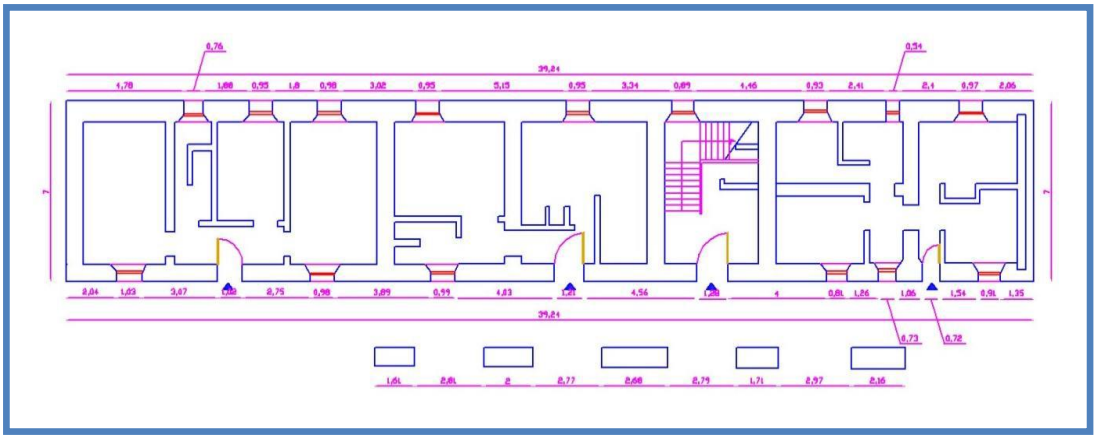
المخطط رقم(3): مخطط الطابق الأرضي (الجناح الثاني)[221]

---

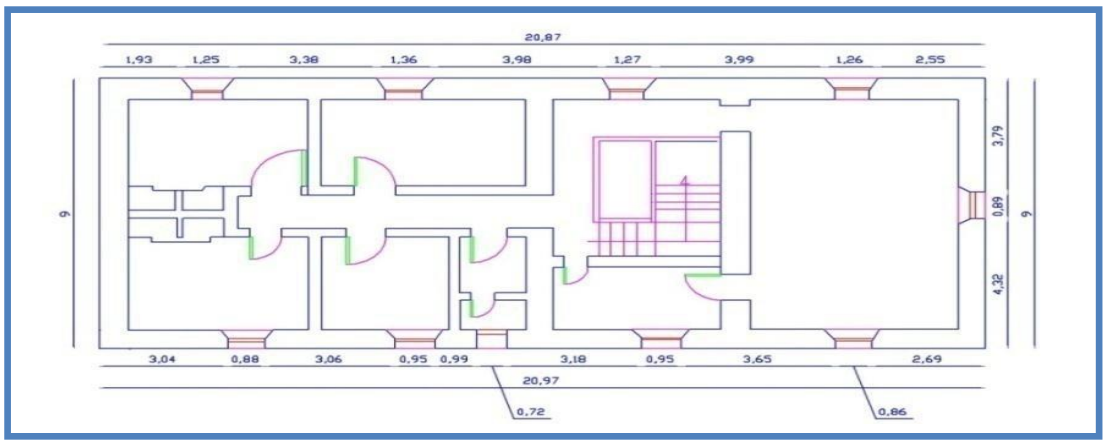
[219]- شتيح عز الدين، **المرجع السابق**، ص182.
[220]- نفسه، ص 182.
[221]- ، نفسه، ص 183.



المخطط رقم(4): مخطط الطابق الأرضي (الجناح الثالث)[222]



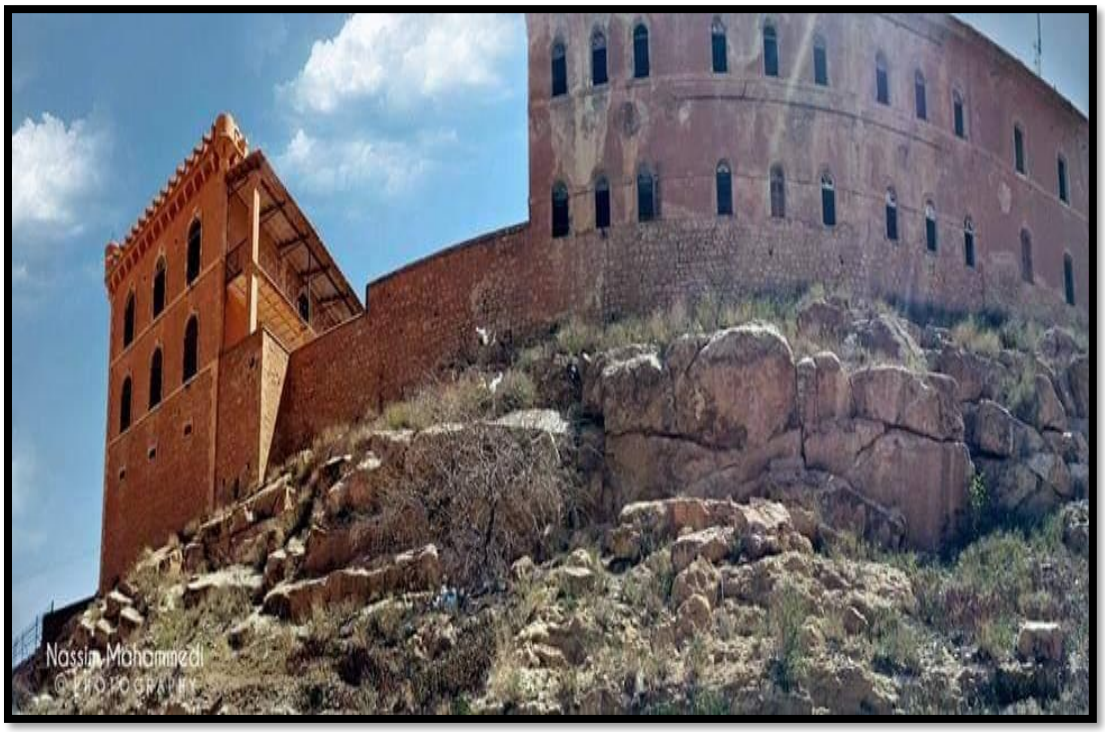
المخطط رقم(5): مخطط الطابق الأرضي(الجناح الرابع)[223]



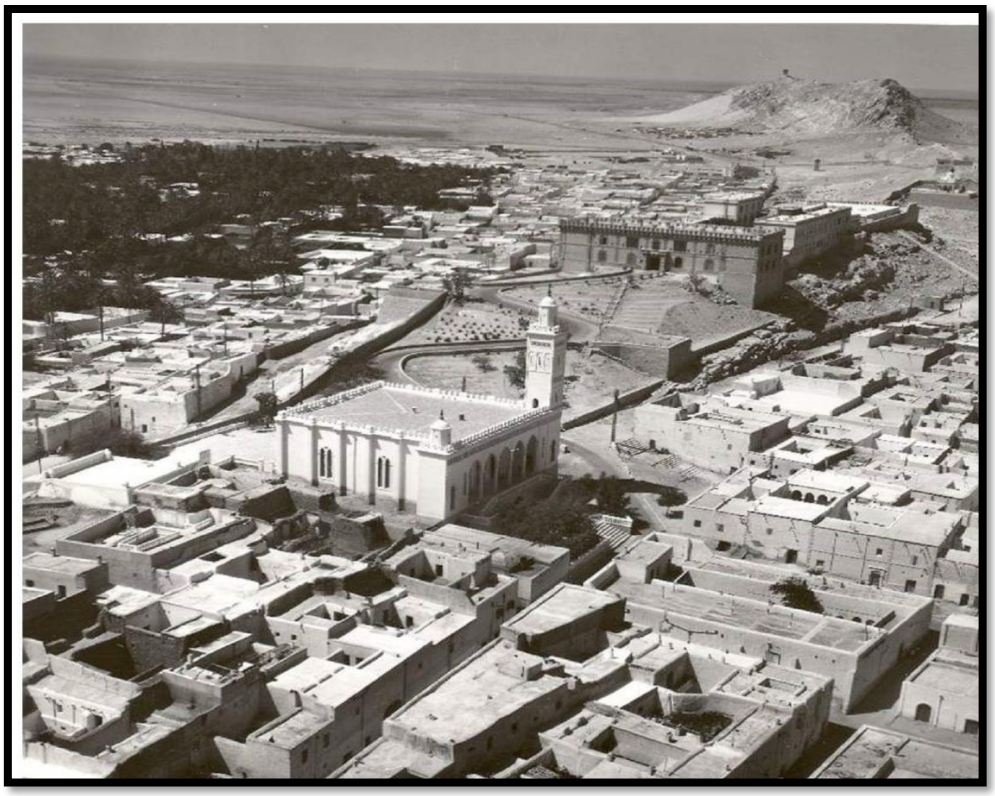
المخطط رقم(6): مخطط الطابق الأول(الجناح الرابع)[224].

222 - شتيح عز الدين، **المرجع السابق**، ص 184.
223 - نفسه، ص184.
224 - نفسه، ص 184.

الصورة(21): المدخل الرئيسي للحصن إبان الاحتلال الفرنسي (أرشيف خاص)



الصورة(22):الجـــدار الشمالـــــي للحصن (عن المصور الفوتوغرافي نسيم محمدي)



الصورة(23): منظـر جــوي لحصـــن بـــوسكارين أرشيف خاص عن الديوان الوطني للحظيرة الثقافية للأطلس الصحراوي

الصورة(24): إحدى غرف الملحقة الشمالية في حالة تدهور

الصورة(25): تصاعد المياه الجوفية في جدار الملحقة الشمالية للحصن وتسبب في انتزاع طبقة التلبيس

الصور(26):صورة من الملحقة الشمالية للحصن في حالة إهمال

الصورة(27): انهيار جزئي لبرج المراقبة

الصورة(28): منظـــر عـــام للحصن وللملحقتين

الصورة(29): منظر عام لأشغال الحفرية (موقع ملاكو) لسنة 2017

الصورة(30): أشغـــال الحفريـــة (الجهـــة الشماليـــة للموقع)

الصورة(31): نلاحظ استعمال ملاط الجير في البناء

الصورة(32): نمط البناء في موقع ملاكو باستعمال الحجر الغير منتظم و ملاط الجير

الصورة(33): منظر لأشغال الحفرية [225]

الصور(34): أعمدة المداخل الواقعة في الجهة الشمالية للموقع [226]

[225]http://www.soummaminfo.com/wpcontent/uploads/2017/08/20526377_780473278744253_3832253750709869144_n.jpg.

[226]https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjq5sWU4bfiAhUs5uAKHYCOAMcQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.faceb

الصورة(35):مواصلة أعمال التنقيب لسنة 2017 إبراز الجدار وتنظيفه

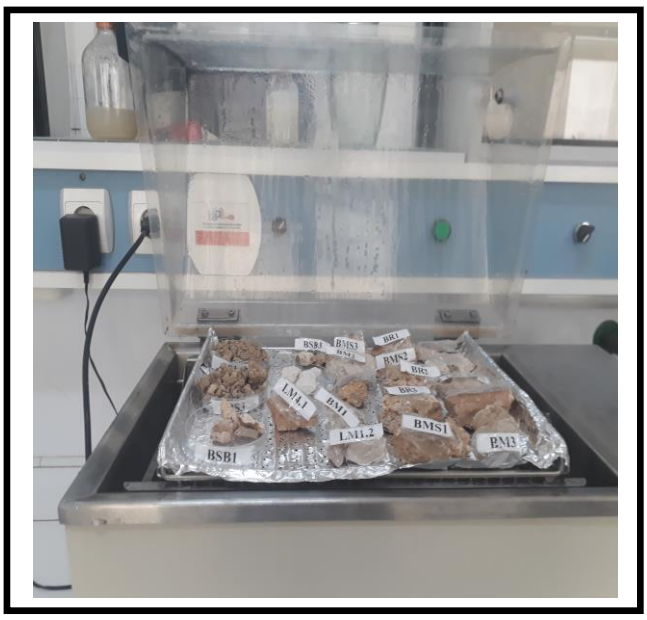
الصورة(36): الجدار الشرقي للموقع

ook.com%2Fmlaku.akhenak%2Fposts&psig=AOvVaw1PRjMrIRsCDSIbFmXpNK2E&ust=1558909958085145.

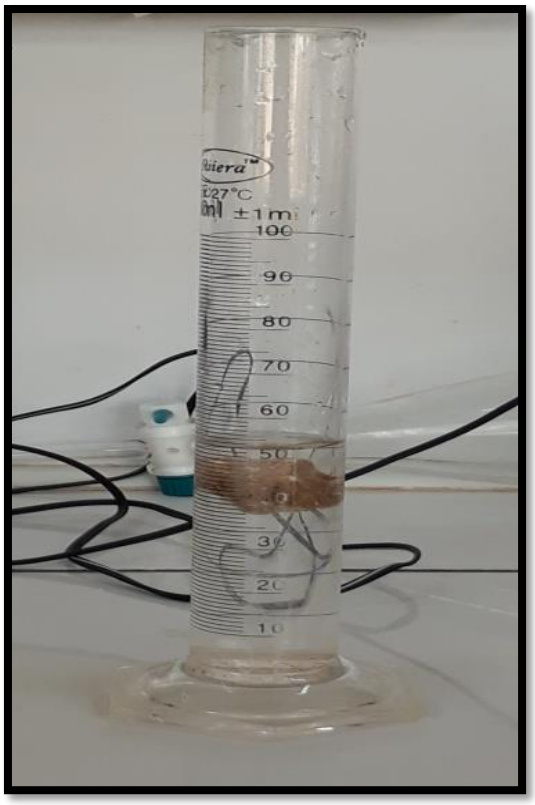
الصورة(37): قياس الرطوبة لإحدى العينات بجهاز (Hygromére)

الصورة(38): العينات قبل التجفيف

الصورة (39): وزن العينات بعد جفافها

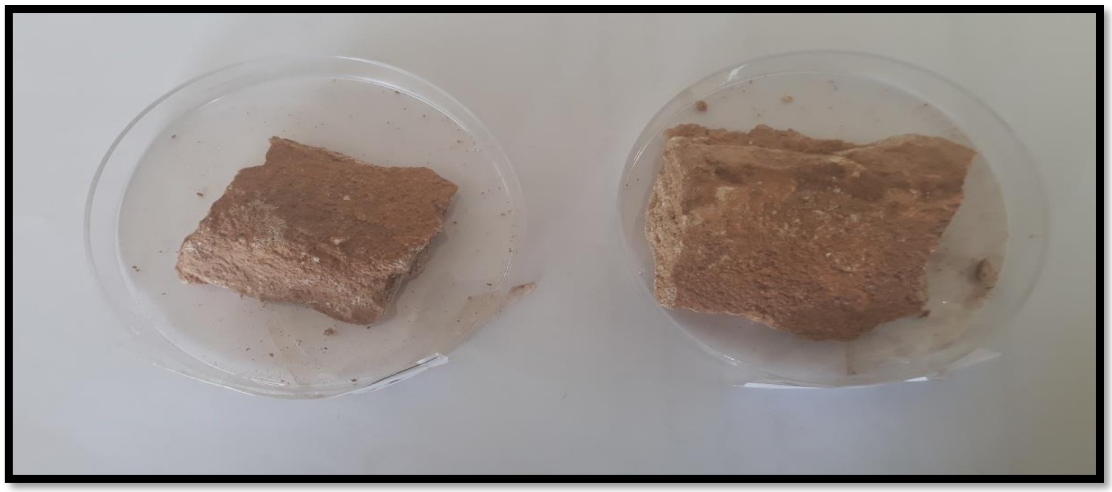


الصورة(40-41): إدخال العينات في جهاز الحمام المائي درجته 80م°



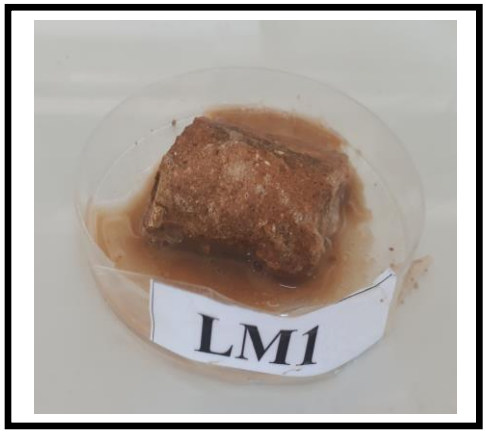
الصورة(42): حساب الكتلة الحجمية

الصورة (43): عمليـــة الغربلة (النخل)

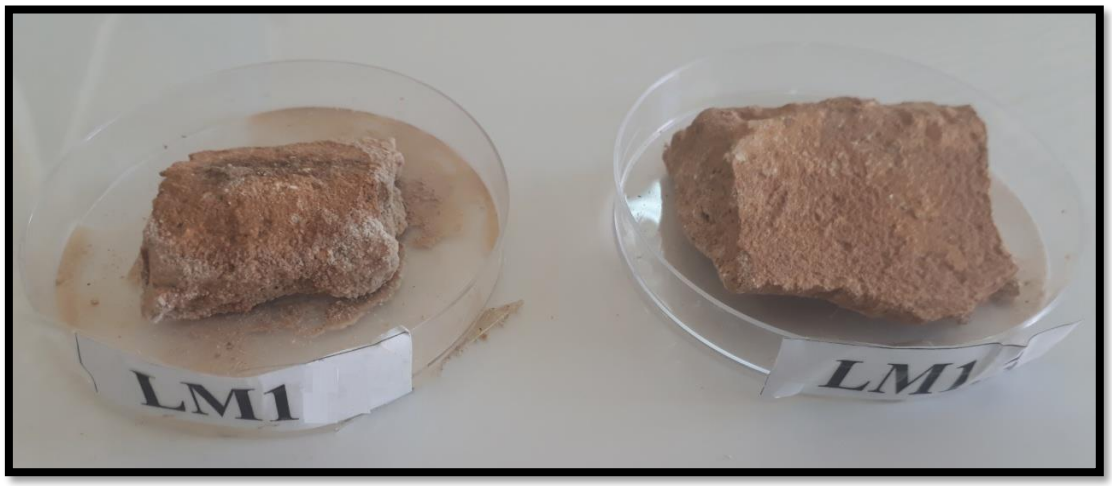


الصورة(44): عينتين من ملاط الجدار الشرقي الواجهة الأمامية للحصن قبل تأثرهما والقاعدي بالمحلول الحمضي .

الصورة (45): إضافة المحلول القاعدي على العينة



الصورة (46): إضافة المحلول الحمضي على العينة



الصورة (47): عينتين من ملاط الجدار الشرقي الواجهة الأمامية للحصن بعد تأثرهما بالحمض والأساس بعد مرور 10 أيام.

الصورة(48): عينتين من ملاط التراب الواقع في الواجهة الجنوبية لموقع بترا قبل تأثرهما بالمحلول الحمضي والقاعدي.

الصورة(49): إضافة المحلول القاعدي على العينة

الصورة(50): إضافة المحلول الحمضي على العينة

الصورة(51): عينتين من ملاط التراب الواقع في الواجهة الجنوبية بعد تأثرهما بالمحلول الحمضي والقاعدي (بعد مرور 10 أيام).

العينات	تقسيـــــــم العيـــــــنات		

LS3
LS2
LS1
Sol
LRC1.3
LRC1.2
LRC1.1
Revêtement Colonne1
LRC2.3
LRC2.2
LRC2.1
Revêtement Colonne2
BM3
BM2
BM1
Mur

الجدول(14): تجهيز العينات وتقسيمها للاختبار المخبري

العينات		وزن العينات قبل التجفيف	وزن العينات بعد التجفيف (كتلة العينة الجافة ك1)	وزن العينات بعد الحمام المائـــــي (80°م) (كتلة العينة الرطبة ك2)
		العينات الوزن الكلي الجاف	وزن المادة المرفوضة على كل غربال	قطر الفاصل (الغرابيل)
01	LM1.1	50.3154 g	50.1422 g	50.5894 g
02	LM1.2	50.3154 g	35.5866 g	92.1735 g
03	LM1.3	27.0873 g	26.6339 g	73.4202 g
04	LM2.1	69.2185 g	69.0290 g	69.58.00 g
05	LM2.2	50.0166 g	49.8062 g	50.2019 g
06	LM2.3	35.5709 g	35.4505 g	93.0124 g
07	LM3.1	35.2368 g	33.1018 g	33.5947 g
08	LM3.2	42.2599 g	42.0871 g	42.3489 g
09	LM3.3	52.9002 g	52.3584 g	53.6118 g
10	LM4.1	38.2764 g	38.0524 g	38.6379 g
11	LM4.2	42.9258 g	42.6671 g	42.8815 g
12	LM4.3	42.7207 g	42.4658 g	42.6880 g
13	LS1	37.2721 g	37.1601 g	37.2786 g
14	LS2	61.9813 g	61.7977 g	61.9610 g
15	LS3	45.6855 g	45.5717 g	45.9340 g
16	LRC1.1	27.0873 g	26.6339 g	28.2019 g
17	LRC1.2	34.9483 g	34.4593 g	36.4102 g
18	LRC1.3	20.9537 g	21.2428 g	23.1975 g
19	LRC2.1	39.6971 g	39.3524 g	40.6114 g
20	LRC2.2	41.9830 g	41.2091 g	43.2474 g
21	LRC2.3	21.5888 g	21.3699 g	22.2086 g
22	BM1	29.1526 g	28.8814 g	29.9197 g
23	BM2	73.2863 g	72.5239 g	74.0153 g
24	BM3	42.0381 g	41.6655 g	41.7888 g
25	BS1	52.4175 g	51.4622 g	53.0464 g
26	BS2	49.6067 g	48.9668 g	50.1065 g
27	BS3	58.1238 g	56.3316 g	57.7010 g
28	BSB1	20.7234 g	20.4415 g	21.0747 g
29	BSB2	17.3873 g	17.1563 g	17.4521 g
30	BSB3	32.1993 g	31.7795 g	32.5479 g
31	BMS1	86.3775 g	85.5881 g	86.3539 g
32	BMS2	24.7833 g	24.6394 g	24.9886 g
33	BMS3	37.2647 g	37.0698 g	37.6483 g
34	BR1	50.6814 g	50.3260 g	51.2817 g
35	BR2	64.5791 g	64.1151 g	65.0475 g
36	BR3	124.7953 g	123.9535 g	125.7676 g

جدول رقم(15):أوزان العينـــــات

20 qm	**1.7927 g**	**120.6625 g**	**BM**
50 qm	**68.9830 g**		
1 mm	**17.4557 g**		
2 mm	**30.7438 g**		
20 qm	**3.0753 g**	**50.8370 g**	**BS**
50 qm	**36.1302 g**		
1 mm	**7.5781 g**		
2 mm	**3.5134 g**		
20 qm	**1.3194 g**	**87.0822 g**	**BR**
50 qm	**22.9304 g**		
1 mm	**12.2346 g**		
2 mm	**49.8966 g**		
20 qm	**2.3631 g**	**75.3006 g**	**BMS**
50 qm	**53.1795 g**		
1 mm	**12.1305 g**		
2mm	**7.4097 g**		
20 qm	**1.8013 g**	**87.4840 g**	**BSB**
50 qm	**33.0204 g**		
1 mm	**17.3510 g**		
2 mm	**33.9407 g**		
20 qm	**3.9702 g**	**82.7926 g**	**LM1**
50 qm	**61.2487 g**		
1 mm	**5.5055 g**		
2 mm	**9.4744 g**		
20 qm	**2.4224 g**	**139.8670 g**	**LM2**
50 qm	**105.1236 g**		
1mm	**10.2167 g**		
2 mm	**21.8573 g**		
20 qm	**0.9201 g**	**76.4991 g**	**LM3**
50 qm	**63.5225 g**		
1 mm	**4.7991 g**		

2 mm	**5.4922 g**		
20 qm	**00 g**	**86.2529 g**	**LM4**
50 qm	**3.1900 g**		
1 mm	**1.2958 g**		
2 mm	**81.3229 g**		
20 qm	**2.0045 g**	**99.1554 g**	**LS**
50 qm	**78.4444 g**		
1 mm	**4.1762 g**		
2 mm	**4.3418 g**		
20 qm	**0.1150 g**	**42.4293 g**	**LRC1**
50 qm	**29.3481 g**		
1 mm	**6.9667 g**		
2 mm	**5.5136 g**		
20 qm	**0.3534 g**	**39.7085 g**	**LRC2**
50 qm	**31.2593 g**		
1 mm	**2.8259 g**		
2 mm	**4.5325 g**		

جدول(16): يمثل أوزان العينات قبل وبعد الغربلة لتعيين التدرج الحبيبي لها

ملحق التقاريـــــــر

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université ZIANE Achour – Djelfa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques

Réf : 449/...DSAV/2020 Djelfa le : 26/10/2020

Attestation

Je, soussigné, Chef de Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, atteste que :

L'étudiante : BENAHMED Rania

Encadrée par Monsieur : BOUKHNOUF Arezki

a effectué un stage pratique au sein du laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie durant la période s'étalant du 30/10/2018 au 15/11/2018 en réponse à la demande de la Vice-Doyenne de l'université d'Alger 2, délivrée le 29/10/2018 sous la référence 448.

Cette attestation est délivrée à l'intéressée pour servir et valoir ce que de droit.

Le Chef de Département

الوثيقة (1): التربص التطبيقي لإجراء التحاليل المخبرية بكلية علوم الطبيعة والحياة جامعة زيان عاشور-الجلفة-

Université Ziane Achour – Djelfa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Ref :

ATTESTATION

Je soussigné, KACIMI ELHASSANI Mohamed, enseignant chercheur ; atteste que la doctorante : BENAHMED Rania, a effectué un stage pratique au niveau du laboratoire du 30.10.2018 au 15.11.2018, période durant laquelle j'avais suivi et dirigé l'élaboration pratique de ses expériences d'analyse physico-chimique.

En foi de quoi, la présente attestation est délivrée, à l'intéressée, pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Djelfa, le 21.04.2022

Kacimi Elhassani
Mohamed

الوثيقة (2): شهادة تثبت إشراف ومتابعة التحاليل المخبرية ونتائجها من طرف أ/د قاسيمي محمد بكلية علوم الطبيعة والحياة جامعة زيان عاشور-الجلفة-

الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقراطيـــة الشعبيـــة
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة زيان عاشور - الجلفة
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية
مخبر الكيمياء العضوية و العينات الطبيعية

مرجع رقم: 2023/DSAV/035 الجلفة في 2023/05/03

الموضوع: تقرير عن إجراء تحاليل مخبرية

أنا الممضي أسفله، الدكتور قاسمي الحستي محمد، أشهد أنني أشرفت على العمل التطبيقي لاختبارات عينات الطالبة **"بن أحمد رانية"** في إطار إعداد رسالة الدكتوراه والموسومة بـ: **"دراسة الملاط الأثري وتشكيل ا التركيبات لترميم معالم ملاكو وحصن بوسكارين"**، حيث قامت الطالبة محل التقرير بإجراء التحاليل المخبرية على مستوى مخبر كلية علوم الطبيعة و الحياة و كذلك مخبر الكيمياء العضوية و العينات الطبيعية.

كما أشهد أنني أشرفت على الاختبارات التجريبية التالي ذكرها :

1. اختبار معامل امتصاص الماء
2. اختبار الكتلة الحجمية الظاهرية
3. اختبار المسامية
4. اختبار التدرج الحبيبي بالغربلة
5. اختبار تحديد نسب الرطوبة
6. اختبار تأثير الملوثات الكيميائية (القواعد والأسس)
7. اختبار تأثير الحرارة

حيث خضعت لهذه التحاليل المخبرية العينات المأخوذة من الموقعين: معالم ملاكو وحصن بوسكارين و المصنفة بالرموز التالية :

(LM1)، (LM2)، (LM3)، (LM4)، (LS)، (LRC1)، (LRC2)، (BR)، (BMS)، (BSB)، (BS)، (BM)

كما بينت التحاليل النتائج التالية :

الوثيقـــــة(3)

1. نتائج اختبار معامل امتصاص الماء:

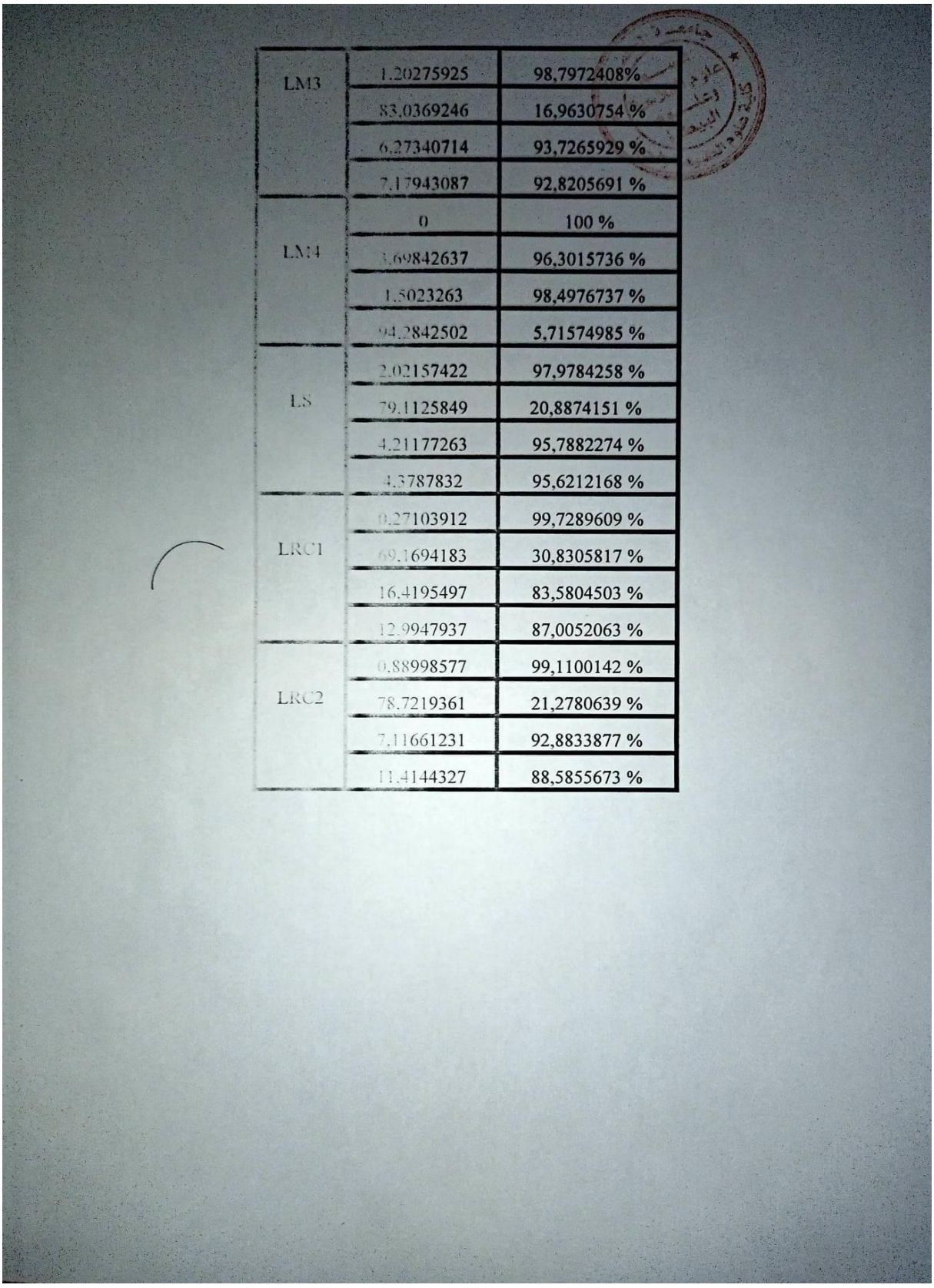
معامل امتصاص الماء	العينات	
0,89186354	LM1.1	01
159,011819	LM1.2	02
175,664473	LM1.3	03
0,79821524	LM2.1	04
0,7944794	LM2.2	05
162,372604	LM2.3	06
1,48904289	LM3.1	07
0,62204333	LM3.2	08
2,39388522	LM3.3	09
1,53866773	LM4.1	10
0,5024949	LM4.2	11
0,52324459	LM4.3	12
0,31889042	LS1	13
0,26424932	LS2	14
0,79501094	LS3	15
5,88723394	LRC1.1	16
5,66146149	LRC1.2	17
9,20170599	LRC1.3	18
3,19929661	LRC2.1	19
4,9462376	LRC2.2	20
3,9246791	LRC2.3	21
3,59504733	BM1	22
2,05642554	BM2	23
0,29592829	BM3	24
3,07837597	BS1	25
2,32749536	BS2	26
2,43096237	BS3	27
3,09762004	BSB1	28
1,72414798	BSB2	29
2,41791092	BSB3	30
0,89475056	BMS1	31
1,4172423	BMS2	32
1,56056952	BMS3	33
1,8990184	BR1	34
1,4542596	BR2	35
1,4635327	BR3	36

الوثيقـــــة(4)

2. نتائج اختبار الكتلة الحجمية الظاهرية:

الكتلة الحجمية الظاهرية	العينة	
1,636225g/cm³	LS1	01
2,4247 g/cm³	LS2	02
1,33403333 g/cm³	LS3	03
0,73773333 g/cm³	LM1,1	04
2,07366 g/cm³	LM1,2	05
1,7977 g/cm³	LM1,3	06
2,411 g/cm³	LM2,1	07
2,0538 g/cm³	LM2,2	08
2,1447 g/cm³	LM2,3	09
2,437 g/cm³	LM3,1	10
1,938725 g/cm³	LM3,2	11
4,7945 g/cm³	LM3,3	12
2,13645 g/cm³	LM4,1	13
2,13313333 g/cm³	LM4,2	14
1,92533333 g/cm³	LM4,3	15
1,66028 g/cm³	LRC1,1	16
1,86 g/cm³	LRC1,2	17
2,10176 g/cm³	LRC1,3	18
2,5371 g/cm³	LRC2,1	19
2,16753333 g/cm³	LRC2,2	20
2,2198 g/cm³	LRC2,3	21
4,1596 g/cm³	BS1	22
2,5466 g/cm³	BS2	23
1,91975 g/cm³	BS3	24
2,07025 g/cm³	BM1	25
2,06115 g/cm³	BM2	26
1,88142 g/cm³	BM3	27
1,858525 g/cm³	BSM1	28
2,46852 g/cm³	BSM2	29
1,82195714 g/cm³	BSM3	30
2,670575 g/cm³	BSB1	31
2,0957 g/cm³	BSB2	32
1,96201667 g/cm³	BSB3	33
2,0586 g/cm³ g/cm³	BR1	34
1,10233333 g/cm³	BR2	35
1,0848 g/cm³	BR3	36

الوثيقـــــة(5)



LM3	1.20275925	98,7972408%
	83.0369246	16,9630754 %
	6.27340714	93,7265929 %
	7.17943087	92,8205691 %
LM4	0	100 %
	3.69842637	96,3015736 %
	1.5023263	98,4976737 %
	94.2842502	5,71574985 %
LS	2.02157422	97,9784258 %
	79.1125849	20,8874151 %
	4.21177263	95,7882274 %
	4.3787832	95,6212168 %
LRC1	0.27103912	99,7289609 %
	69.1694183	30,8305817 %
	16.4195497	83,5804503 %
	12.9947937	87,0052063 %
LRC2	0.88998577	99,1100142 %
	78.7219361	21,2780639 %
	7.11661231	92,8833877 %
	11.4144327	88,5855673 %

الوثيقـــــة(6)

4. نتائج اختبار التدرج الحبيبي بالغربلة:

العينات	النسبة المتبقية	نسبة المارة
BM1	1,48570813	98,5142919 %
	57,1702062	42,8297938 %
	14,4664893	85,5335107 %
	25,4790615	74,5209385%
BS	6,04933415	93,9506659 %
	71,0706769	28,9293231 %
	14,9066625	85,0933375 %
	6,91110805	93,0888919 %
BR	1,5151202	98,4848798 %
	26,3319025	73,6680975 %
	14,0494843	85,9505157 %
	57,2982768	42,7017232 %
BMS	3,13822201	96,861778 %
	70,6229432	29,3770568 %
	16,1094334	83,8905666 %
	9,84016064	90,1598394 %
BS3	2,05900508	97,9409949 %
	37,7445019	62,2554981%
	19,833341	80,166659 %
	38,7964656	61,2035344 %
LM1	4,79535611	95,2046439 %
	73,9784715	26,0215285 %
	6,64974889	93,3502511 %
	11,4435348	88,5564652 %
LM2	1,73193105	98,268069 %
	75,1596874	24,8403126 %
	7,30458221	92,6954178 %
	15,627203	84,372797 %

الوثيقـــــة(7)

5. نتائج اختبار تحديد نسب الرطوبة:

العينـــة		نسبة الرطوبة في العينات
01	LS1	00.2%
02	LM1	00.2%
03	LM2	01.0%
04	LM3	00.1%
05	LM4	00.8%
06	LRC1	02.6%
07	LRC2	01.4%
08	BS1	01.9%
09	BM1	00.4%
10	BSM1	02.6%
11	BSB1	00.4%
12	BR1	03.6%

6. اختبار تأثير الملوثات الكيميائية (القواعد والأسس):

العينات	نتائج تأثر العينات بعد إضافة HNO_3حمض الآزوت	نتائج تأثر العينات بعد إضافة (NaOH)هيدروكسيدالصوديوم
LM1	فوران وحدوث فقاعات غازية.	لم يطرأ أي تغير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM2	فوران وحدوث فقاعات غازية وتأكل العينة جزئيا.	لم يطرأ أي تغير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM3	حدوث فوران.	لم يطرأ أي تغير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LM4	حدوث فقاعات غازية.	لم يطرأ أي تغير للعينة نلاحظ امتصاصها للمحلول.
LRC1	حدوث فوران و ظهور فقاعات غازية وتغير لون الملاط.	نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
LRC2	ظهور بخار وحدوث فوران وفقاعات غازية.	نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
LS1	حدوث فقاعات على القشرة الأفقية للعينة.	- نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - تشكل طبقة بيضاء على السطح. - زيادة في مسامية العينة.
BM	حدوث فقاعات غازية وفوران، وتغير لون العينة إلى اللون الأصفر المخضر، بالإضافة إلى هشاشة الملاط.	- نلاحظ امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - تغير لونها. - تغير طبقة بلورية بيضاء اللون.
BMS	- حدوث فقاعات غازية. - زيادة مسامية العينة.	امتصاص العينة للمحلول القاعدي.
BSB	- حدوث فقاعات غازية. - تغير لون العينة.	ظهور [illegible] على العينة.
BR	حدوث فقاعات غازية.	- امتصاص العينة للمحلول القاعدي. - اتساع مسامية العينة.
BS	- حدوث فقاعات غازية. - حدوث فوران. - تغير لون العينة. - تحلل العينة وتفتتها.	امتصاص العينة للمحلول القاعدي.

الوثيقـــــة(8)

7. نتائـــج اختبـــار تأثيـــر الحـــــرارة:

نلاحظ عدم تأثر العينات (LM1)،(LM2)،(LM3)،(LM4)،(LS)، بعد عملية الصدم الحراري في الدرجات المتفاوتة 80 م° و 180 م° و 250 م°، ماعدا العينة، (LM2) والتي ظهرت تشققات على سطحها في درجة حرارة 250 م°، بينما نلاحظ تأثر العينات (LRC1)، (BM)، (BMS)، (BR)، (LRC2) (BS) و (BSB) .

حرر هذا التقرير لفائدة الباحثة "بن أحمد رانيا" ،على طلبها.

تسلم هذه النسخة عندما وحيثما اقتضى الأمر للإدلاء بها عند الاقتضاء لدى من يهمهم الأمرلتستعمل في ما هو مسموح به قانونا.

رئيس قسم العلوم الفلاحية والبيطرة

ربحي عبد الغني المهداوي

الوثيقـــــــة(9)

تمثل الوثائق(3،4،5،6،7،8،9): تقرير نتائج الاختبارات المخبرية

ملحق التعـــاريف

1. الترميم Restauration:

الترميم هو فن الحفاظ على الموروث المعماري، وهو إعادة تأهيل المباني القديمة التي تعرضت بفعل الزمن والعوامل الطبيعية وغير الطبيعية للتلف والتصدعات مما أدى إلى فقدانها لجزء كبير من القيم الجمالية التي تحتويها. كما عرف فيولي لودوك في 1822 كلمة (Restore) بأنها تثبت البناء والوصول به إلى حالة من الرسوخ والثبات.

لقد حظي مصطلح" ترميم Restauration" باهتمام العديد من الباحثين الأوروبيين في ميدان ترميم الآثار في العصر الحديث، وقد اتفق الكثير منهم على المعنى الذي يدل عليه مصطلح ترميم Restauration حيث يطلق على الأعمال التطبيقية التي يقوم بها المرممون من أجل حماية المبنى الأثري من الانهيار أو التلف وبالإضافة إلى إصلاح ما تلف من المقتنيات الفنية المختلفة، ويشترط في هذه العملية التفريق بين ما هو أصلي وما هو مضاف، مع المحافظة على الشكل الأصلي للأثر بجميع تفاصيله دون أي تغيير، فعملية الترميم ليست عملية تجديد الأثر بقدر ما هي محاولة لاستعادة الشكل الذي كانت عليه بمراعاة الجانب الجمالي والفني. ويهدف الترميم بشكل عام إلى الحفاظ على البنية الإنشائية للمباني المراد ترميمها وتدعيم تلك المباني عبر توثيق ورفع هندسي لها، وترميم و إعادة بناء الأجزاء العمرانية التي تتطلب مداخلة طارئة لوقف حالة تدهور البناء.

2. الحفاظ Préservation:

مشتقة من كلمة لاتيني« Praeservare» ، والمؤلفة في البادئة من « Prae » وتعني قبل و «servare » والتي تعني الحماية والأمان فيصبح معناها الحماية المسبقة أو الحفاظ المسبق، وتشترك كلمتا الصيانة والحفاظ بجذر مشترك هو« servare» وتختلفان في أن الحفاظ يشمل معنى السبق أين أنه أشمل. وأما مصطلح الحفاظ «préservation» فيطلق على الأعمال التطبيقية والبحثية التي

يقوم بها المختصون في صيانة الآثار في سبيل المحافظة على الآثار بشتى أنواعها وصيانتها من التلف في الحاضر والمستقبل مستعينين في سبيل تحقيق هذا الهدف بما وفرته لهم علوم الكيمياء والفيزياء وغيرها من العلوم التجريبية من نتائج علمية وأجهزة حديثة يستخدمها المختصون في صيانة الآثار، وكذلك في فحص مكونات الآثار المختلفة وتعيين خصائصها الفيزيائية والكيميائية وتحديد خطورة التلف الذي ألم بها ومظاهره المختلفة على أسس علمية واختيار أفضل المواد الكيميائية وأنسب طرق علاج وصيانة الآثار وحمايتها من التلف حاضرا ومستقبلا. وهكذا نجد أن مصطلح الحفاظ في مدلوله أعم وأشمل من مصطلح الترميم وإن كان مصطلح الترميم يعتبر أقدم استخداما من مصطلح الصيانة في ميدان ترميم وصيانة الآثار.

3. الصيانة Conservation:

من المعروف أن هناك علاقة وطيدة بين مصطلح صيانة Conservation ومصطلح Préservation فكلاهما مرتبطين بالفعل اللاتيني Servare والذي يعني" يحفظ ويصون ويعالج".ومن كل ما سبق يمكن القول أن مصطلح صيانة Conservation يعبر عن تطور ميدان ترميم وصيانة الآثار، وبعد أن أصبح هذا المصطلح في الوقت الحاضر يربط بين مصطلح حفظ Préservation وترميم Restauration وأن عمليات صيانة الآثار بشمولها وارتكازها على أسس علمية وفنية متطورة أصبحت تشتمل على كل العمليات التي يقوم بها المتخصصون في سبيل المحافظة على التراث الإنساني المادي من الفناء والتدهور، كما أصبح المتخصص في صيانة الآثارConservateur يمثل حلقة الاتصال بين علماء الآثار وعلماء العلوم التجريبية التي تخدم ميدان صيانة الآثار وحفظها من التلف.

4. الحصـــون:

الحصون مفردها حصن حَصُنَ المكان يحصن حصانة فهو حصين منع، و أحصنه صاحبه وحصنه، والحصن كل موضع حصين لا يوصل إلى مكان ما في جوفه، والجمع حصون وحصن وحصين من الحصانة وحَصنتُ القرية إذا بنيت حولها، وتحصن العدو.

5. المواد المالئة:

مواد داخلية معدنية الأصل مثل الكلس والسليس، تدخل في تركيبة الملاط.

6. الكربنة:

هي عملية تحول الكربونات انطلاقا من الحمض الكربوني وهي عملية قبض الجير الهوائي.

7. الإطفاء:

عملية تتم بالمرور من إماهة الجير الحي إلى الجير المطفأ، هذا التفاعل طارد للحرارة ويرافق بالزيادة في الحجم

8. المادة المضافة:

مادة تضاف إلى الملاط بكمية قليلة لتحسين بعض الخصائص، منها ما يغير خصائص الإنجاز وآخر ما يتدخل على ميزات الملاط عند القبض.

9. المواد العضوية:

تحتوي على عنصر الكربون ضمن مكوناتها كالنشاء والراتيج والزيوت العضوية والبروتينات التي توجد في البيض والدم والشموع وغيرها .

10. المواد المعدنية:

تتركب من معدن أو أكثر مشكلة مع الماء عجينة لينة كالجير والطين والرمل.

11. المواد المركبة:

مجالها شاسع كالبوليميرات (متعددات الأجزاء) ذات الخصائص الحرارية والفيزيائية والكيميائية وخصوصا خاصية اللزوجة

12. الرابط: مادة تربط بين عدة المواد.

13. الجبس: حجر رسوبي يسمى حجر الجص يحتوي على سولوفات الكالسيوم.

14. الكلس: حجارة مترسبة تحتوي على كربونات الكالسيوم ،رمزها الكيميائي $Caco_3$.

15. الانكماش: هو تقلص حجم المواد أثناء عملية قبضها.

16. أسيتــون الخلــون: Acétone $(Ch_3)Co$

هو مركب كيميائي عضوي يتبع لعائلة الكيتونات ويعتبر أبسط ممثل لهذه العائلة، الأسيتون سائل عديم اللون قابل للاشتعال، يذوب الأسيتون في المياه والكحول والإيثير، ويعتبر الأسيتون مذيبا عضويا هاما.

17. راتيــنج أكريلــي: Acrylate Resin $(Ch_2\text{-}Chcoo)$

أيون أكريليت هو أيون حمض الأكريليك، الأكريلات هي أملاح وأسترات حمض الأكرليك.

18. الطحالب (Algae) :

مجموعة من المتعضيات الحية القادرة على إلتقاط طاقة الضوء من خلال عملية التخليق الضوئي، محولة المواد غير العضوية (غالبا ماء+ثاني أكسيد الكربون) إلى مواد عضوية (سكريات) تختزن بداخلها الطاقة.

19. قلوي(قاعدي): Alkali (OH-)

مركب يطلق أيونات الهايدروكسيل عند خلطه بالماء، القلويات تبطل مفعول الحوامض عند تفاعلها معها وتكون نتيجة تفاعل ظهور الأملاح.

20. أساليب التحليل:

التحليل يعني فصل وإبراز العناصر بعضها عن بعض وتمحيصها، أما بالنسبة لعلماء التنقيب فيعني التعرف على عمر وتركيب المواد المستخرجة من المواقع مثل الأعمال الفنية ومواد البناء وقطع الأثاث وغيرها إلى جانب حل رموز الرقم المدونة وذلك للحصول على معلومات تخص الموقع ليس بالإمكان الحصول عليها بطرق أخرى، وفي حقل الكيمياء تجرى التحليلات لمعرفة أنواع وكميات العناصر التي تكون المركب المعين ونسبها.

21. نتائج تحليلية: تقنيات تحليلية:

تقنية التحليل هو أسلوب يستخدم لتحديد تركيز مركب كيميائي أو عنصر كيميائي وهناك مجموعة متنوعة واسعة من التقنيات المستخدمة في التحليل منها البسيط وزنها (الجاذبية) إلى المعايرة (القياس بالمعايرة) إلى تقنيات متقدمة جدا باستخدام الأجهزة المتخصصة للغاية.

22. المعلومات الأولية حول الحفظ:

الخبرة المكتسبة من التدريب والممارسة حول كيفية فحص الأعمال التراثية وطرق التعامل معها، وكذلك المهارة في إختيار الأسلوب الذي يضمن عدم الزوغ بعيدا عن هيئاتها الأصلية.

23. ثاني أكسيد الكربون (Co_2):

هو مركب كيميائي يتكون من ذرات الأوكسجين مرتبطتين تساهميا إلى ذرة كربون واحدة. وهو غاز في درجة الحرارة والضغط الموجودان في الغلاف الجوي للأرض في هذه الحالة (Co_2) هو من الأكاسيد الحمضية وهذه الأخيرة هي محلول مائي أنهيدريد من حامض الكربونيك، حمض غير مستقر في محلول مائي، التي لا يمكن أن تتركز في الكائنات الحية هو حفز إنتاج حمض الكربونيك عن طريق إنزيم الأنهيذاز الكربونيك .

24. المعادلات الكيميائية:

هي مجموع من الرموز والصيغ الكيميائية التي تعبر عن المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه والإلكترونات التي تكتسب أو تفقد من ذرات العناصر المتفاعلة.

تبين المعادلة الكيميائية التغيرات التي تطرأ على المواد المتفاعلة وظروف التفاعل كما تبين المعادلة حاجة التفاعل إلى حرارة وضغط وعوامل تكون موزونة حيث أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة من التفاعل، وعند كتابة معادلة يجب مراعاة الشحنة لأنها تلعب دورا في عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة.

25. تفاعل كيميائي:

عملية إتحاد مادتين أو أكثر لإنتاج مادة جديدة مغايرة للمواد المكونة.

26. البنية الكيميائية:

هي ترتيب الذرات في الجزيء، وعادة ما تكون هذه الذرات مرتبطة بروابط كيميائية مثل الرابطة التساهمية، ويمكن للبنية الكيميائية أن تتراوح من البنية البسيطة، مثل الجزيئات ثنائية الذرة مثل جزيء الأكسجين، إلى البنية بالغة التعقيد،

مثل جزيء البروتين. ويمكن تمثيل البنية الكيميائية بواسطة الصيغ البنيوية، من الطرق الشائعة لتحديد البنية الكيميائية حيود الأشعة السينية.

27. الرطوبة النسبية:

وهي النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجودة فعلا في الهواء في درجة حرارة وضغط معيين حتى الوصول إلى درجة التشبع، وتتم حسابها بالعلاقة التالية: الرطوبة النسبية = ضغط بخار الماء الفعلي/ ضغط بخار الماء في حالة الإشباع × 100، وهنا لا بُدّ لنا أن نتطرَّق إلى ضغط بخار الماء، ويعرف ضغط بخار الماء في الهواء بأنه كمية الضغط الذي تنتجه كمية بخار الماء الموجودة في الهواء، في حالة الضغط الاعتيادي عند مستوى سطح البحر

28. الكلوريدات:

يتم تشكيل أيون الكلوريد عندما عنصر الكلور يلتقط إلكترون واحد لتشكيل أنيون الكلور (أيون مشحون بشحنة سالبة)، حمض الهيدروكلوريك أملاح تحتوي على أيونات الكلوريد ويمكن أيضا تسميتها الكلوريدات.

29. كلوريد الفنيل:(p v c)

يعرف باسم فنيل كلوريد أيضا، وهو عبارة عن مركب عضوي له الصيغة $CHCl=H_2C$، وهو عبارة عن غاز عديم اللون سريع الاشتعال، يعد كمونمر لإنتاج بوليمير بولي فينيل.

30. طين (صلصال):

هو مادة موجودة في معظم أنواع التربة تستخدم في صناعة السيراميك والطوب. يصف الجيولوجيون الطين بأنه ذرات أي جسيمات صغيرة جدا من التربة حجمها أقل من أربعة ميكرومترات (مقياس أبعاد الأجسام الدقيقة) في القطر.كلمة الطين

تعني أيضا مادة من الأرض مكونة من أنواع معينة من معادن السليكات التي تكسرت بعوامل التعرية.

31. عملية التنظيف:

هو إزالة التربة أو التآكلات أو الأملاح من السطح، وهذا ويمكن الإزالة بطريقة جافة أو رطبة، ويمكن استخدام مختلف المعدات والمواد اللازمة لكلا النوعين.

32. تغطية (تغليف، طلي الآثار):

يتم تطبيقها على سطح الآثار في كثير من الحالات يتم تطبيق الطلاء لتحسين خصائص سطح الركيزة، مثل المظهر والالتصاق، قابلية الابتلال، مقاومة التآكل ومقاومة التلف والخدش.

33. تركيز:

مصطلح التركيز في الكيمياء يشير إلى مقياس وجود كمية مادة كيميائية ما في مادة أخرى مكونة محلولا . يستعمل مصطلح التركيز غالبا للتعبير عن كمية المادة المذابة في محلول متجانس.

34. وقاية:

مجموع الأعمال التي تؤدي الى حماية الآثار الثقافية والأعمال الفنية مثل الرسوم والتماثيل والمباني.

35. معدات الحماية:

مجموعة الأدوات التي يستخدمها خبراء المحافظة على المقتنيات التاريخية ذات القيمة الفنية لغرض فحص تلك المقتنيات وإجراء الدراسات التحليلية اللازمة للتعرف على المواد والتقنيات التي استخدمت قي صنعها.

36. خطة وقاية الآثار:

إعداد إستراتيجية للعناية بالمقتنيات الأثرية على المدى البعيد، هذا يتطلب تحديد الأعمال المطلوب تنفيذها بحسب الأهمية ورصد المواد اللازمة لتنفيذه.

37. سياسة الصيانة:

ينبغي لهذا تحديد الهيكل الإداري من خلال سياسة المحافظة التي هو قادر على تنفيذها. ينبغي أيضا أن تحدد:

1. المسؤول عن حفظ المقررات اللاحقة وإدارة المكان يوم بعد يوم

2. الآلية التي هي هذه المقررات التي ينبغي اتخاذها وتسجيلها.

3. وسيلة لتوفير الأمن والصيانة.

38. فلـــــــز:

عنصر كيميائي مثل الحديد والرصاص، موصل جيد للكهرباء والحرارة ويكون ارتباطات أيونية مع اللافلزات، الارتباط الأيوني يعني انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى.

39. مـذيب حيوي:

سائل يذاب فيه جسم صلب أو سائل آخر أو غاز ليصبح محلولا لكثير من المذيبات الحيوية التي تستعمل في الصناعة منها: رباعي كلويد الإثيلين الذي يستخدم في التنظيف الجاف والتربنتين والتولين للخلط مع الألوان الزيتية، والأسيتون وخلات المثيل وخلات الإثيل في صناعة الأصباغ والإثير البترول في صناعة أنواع من الصمغ .

40. العناصر الكيميائية:

العنصر الكيميائي هو عبارة عن مادة كيميائية نقية تتكون من نوع واحد من الذرة تتميز بعددها النووي والذي هو عدد البروتونات في نواته.

41. خلات الإثيل:

هو مركب عضوي مع الصيغة -$CH_3COOCH_2CH_3$ سائل عديم اللون وله رائحة مميزة حلوة ويستخدم في المواد اللاصقة، خلات الإثيل هو استر من الايثانول وحمض الخليك، يتم تصنيعها على نطاق واسع لاستخدامها كمادة مذيبة.

42. فيرموس:

ولد فيرموس fIRMUS الأمازيغي في شمال أفريقيا وبالضبط في نوميديا (الجزائر). وهو ابن رجل موري أفريقي مسيحي اسمه نوبيل ، وكان فيرموس شابا فتيا بالغا فضلا عن كونه قائدا شجاعا احتك كثيرا بالجيش الروماني، وتعرف عن قرب عن مؤهلاته القتالية والهجومية والدفاعية. وتعني كلمة فيرموس في الإيطالية القوي الشجاع. وكان لفيرموس أخوان هما :جيلدون Gildon الذي عينه قائدا في جيشه، وسماك Sammmaque الذي أعدمه فيرموس.

43. سمـــــاك:

ابن" نوبل " من إحدى خليلاته، ارتبط مع الكونت الروماني "رومينوس "الذي أقام معه علاقة صداقة قوية مما شكل خوفا عند أبناء نوبل من تقديم" سماك"عليهم في الزعامة ليتم اغتياله في ظروف غامضة لينتج عن ذلك صراعات دامية.

44. أميـــان مارســـلان:

من أصل إغريقي و من عائلة غنية اكتسبت ثروتها من فلاحة الحبوب، ولد حوالي سنة 330م في إحدى المدن الكبيرة التابعة للإمبراطورية الرومانية وهي مدينة **أنتيوش** بسورية، في سنة 350م انضم إلى فرق النخبة لحراسة الإمبراطور، ثم أنتدب إلى فرقة الخيالة، وترقى في الرتب داخل الجيش الروماني، وعمل في مناطق مختلفة، غاليا 356م وفارس 357م، وعمل إلى جانب الإمبراطور

"جوليان" سنة 361م وبوفاة هذا الأخيرفي سنة 363م ، ترك الجيش وعاد إلى موطن مولده بسوريا وليقوم بعدها بعديد من الرحلات إلى اليونان ومصر وتراقيا قبل أن يستقر بروما وبقى وفيا للجيش الروماني، ترك مجموعة من التآليف استقاها من مصادر عصره.

45. ماركو فيتروفيوس باليو (Marcus Vitruvius Pollio):

مهندس معماري روماني، عاش في القرن الأول قبل الميلاد، ولد ما بين 80 و 70 ق.م وتوفي بعد العام 15 ق.م، كان المسؤول عن آلات الحرب في عهد يوليوس قيصر والقيصر أغسطس، كان قد صمم وبنى كاتدرائية فانو، كتب قواعد الهندسة المعمارية باللاتينية بعشرة كتبٍ سميت دي اركيتيتورا "De architectura"التي اتبعت حتى نهاية القرن التاسع عشر.

للاطلاع حول تفاصيل التعاريف أنظر:

- EUGEN Cizek, **Histoire et Historiens à Rome dans l'antiquité**, Presses universitaires, Lyon, 1993
- Fatma Marii and Usam Chaidam, **Technical Vocabulary for cultural property conservation**, Unesco Iraq office-culture unit, by Ebaa international, 2011.
- Tauxier(H), **« récite de l'histoire d'Afrique le conte Romanus** », R.AFR, N°, 19, 1890, pp. 202-203

- السيد محمود البنا، **المدن التاريخية: خطط ترميمها و صيانتها**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 2002 م .

- محمد عبد الهادي، **دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة،1997 م.
- محمد محيي الدين المشرفي، **أفريقيا الشمالية في العصر القديم**، الطبعة الرابعة، دار الكتب العربية، 1969م.
- محمود حامد محمد، **الميترولوجية**، القاهرة، 1946.
- معاذ عبد الله، علي غالب و محمد بكر، **دليل إعداد مشروعات صيانة وترميم الآثار**، وزارة الثقافة، هيئة الآثار المصرية، 1993م.
- هزار عمران، جورج دبورة، **المباني الأثرية ترميمها**، منشورات وزارة الثقافة، دمشق ،1997 م.
- يسار عابدين وآخرون، فيتروفيوس "الكتب العشرة في العمارة"، مطبعة جامعة أوكسفورد، كامبريدج، 1914.

قائمـــــــة

المصـــادر والمراجـــــع

قائمة المصادر والمراجع باللغة العربية:

المصـــادر:

- ابن الإخوة (محمد بت أحمد القرشي)، **معالم القربة في أحكام الحسبة**، دار الفنون، كمبيرج، 1937م.
- ابن المنظور جمال الدين ، **لسان العرب**، المجلد 14، دار صادر، بيروت، 2000م.
- عبد الرحمان ابن خلدون (ت:808هـ/1406م)، **ديوان المبتدأ والخبر في تاريخ العرب والبربر ومن عاصرهم من ذوي الشأن الأكبر**، ج6، مرا: سهيل زكار، دار الفكر، بيروت، 2000م.
- عبد الرحمان ابن خلدون، **تاريخ ابن خلدون**، مج 7، دار الكتاب اللبناني، بيروت 1986.

المراجـــــع:

- أبودية أيوب عيسى، **الرطوبة والعفن في الأبنية، ط1**، دار الورد، الأردن، 1991م.
- أحمد إبراهيم عطية، **حماية وصيانة التراث الأثري**، ط1، دار الفجر للنشر و التوزيع، القاهرة.
- الجريدة الرسمية، **اتفاقات دولية، قوانين، ومراسيم، قرارات وآراء، مقررات، مناشير، إعلانات وبلاغات**، العدد3، الأربعاء 20 ربيع الأول 1435هـ الموافق لـ: 22 يناير 2014م، الجزائر.
- المطوية الخاصة بالحفرية الأثرية لملاكو، (بترا قديما) لسنة 2014، ولاية بجاية، نتائج أولية لأشغال الحفرية.
- السيد محمود البنا، **المدن التاريخية "خطط ترميمها و صيانتها"**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 2002 م.
- المتحف البلدي لمدينة الأغواط.

- المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، **تقنية معمارية، خواص واختبارات مواد المواد**، المملكة العربية السعودية.
- ألفريد لوكاس، تر: زكي اسكندر و محمد زكريا غنيم، **المواد و الصناعات عند قدماء المصرين**، ط1، مكتبة مدبولي، القاهرة، 1991م.
- جيورجيو توراكا، **تكنولوجيا المواد وصيانة المباني الأثرية**، ترجمة: أحمد إبراهيم عطية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2003م.
- حسين محمد علي، **أسس ترميم الآثار والمقتنيات الفنية** ،2007.
- حواس زكي، **أمراض المباني: كشفها وعلاجها والوقاية منها**، ط1، عالم الكتب، القاهرة، 1990م.
- خالد سليم فجال، **العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية**، الدار الثقافية للنشر، مصر، 2002م.
- خليل إبراهيم **واكد، أسباب انهيار المباني، صيانة و ترميم المباني**، دار الكتابة العلمية للنشر والتوزيع، 1993م.

- سايمز. ف وآخرون، الصخور والمعادن، دار نهضة مصر للنشر،القاهرة، د.ت.
- سليم أنطوان مرقس، **حضارات غارقة**، مكتبة الدراسات التاريخية، دار المعارف، القاهرة، 1955.
- عابد براك الأنصاري، منتهى خالد فرج، **تأثير العوامل الطبيعية على المباني التراثية "مدينة سامراء القديمة أنموذجا"- دراسة ميدانية -**، مجلة الملوية للدراسات الآثارية والتاريخية، المجلد 3، العدد 6، السنة الثالثة، ، 2016،
- عبد الحكيم عثمان، **أحجار البناء والتشييد والصناعات التقليدية و الإستخراجية في اليمن**، ط1، د.ن، 2000م.
- عبد المعز شاهين، **طرق صيانة وترميم الآثار و المقتنيات الفنية**، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر، 1993م.

- عماد محمد إبراهيم خليل، **علم المعادن**، كلية العلوم -جامعة الزقازيق ، القاهرة، 2014م.
- مجد نجدي ناجي المصري، **تقييم أساليب وتقنيات الترميم في فلسطين نابلس حالة دراسية**، أطروحة ماجستير في هندسة العمارة، جامعة النجاح الوطنية كلية الدراسات العليا، فلسطين، 2010.
- مجموعة من العلماء، **أطلس الصخور والمعادن**، تر: عماد الدين أفندي، مرا: سائر بصمه جي، ط1، دار الشرق العربي، أبوظبي، 2014م.
- مجموعة من المؤلفين، **إنشاء معماري**، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الرياض، 2006.
- محمد أحمد عوض، **ترميم المنشآت الأثرية**، ط1، دار نهضة الشرق، القاهرة، 2002.
- محمد عبد الغني مشرف، **معادن-صخور-أحافير-خرائط**، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية، 1993م.
- محمد عبد الله و آخرون، **خامات البناء**، الطبعة الأولى، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع،عمان، 2011م.
- محمد عبد الهادي، **دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 1996م.
- محمد راتب سطاس و اندرواس مسعود، مواد البناء واختبارها، الديوان الوطني للمطبوعات الجامعية، الجزائر، 1992م.
- محمد رضا علي إبراهيم، **مكتبة الأسرة في الجيولوجيا "علم الارض"**، ط1، مج1، مكتبة ابن سينا للطبع والنشر والتوزيع، القاهرة، 1999م.
- مديرية السياحة والصناعة التقليدية لولاية الأغواط.
- مديرية التخطيط و التهيئة العمرانية لولاية الأغواط.

- معاذ عبد الله، علي غالب و محمد بكر، **دليل إعداد مشروعات صيانة وترميم الآثار**، وزارة الثقافة، هيئة الآثار المصرية، 1993م.
- منى فؤاد علي، **ترميم الصور الجدارية**، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، د.ت.
- ميشيل كامل عطا الله، **أساسيات الجيولوجيا**، ط3، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، 2009.
- هزار عمران، جورج دبورة، **المباني الأثرية ترميمها**، منشورات وزارة الثقافة، دمشق ،1997 م.
- وزيري يحيى، **العمارة الإسلامية والبيئة**، سلسلة عالم المعرفة، مطابع السياسة، الكويت، 2004م.
- يسار عابدين وآخرون، فيتروفيوس "الكتب العشرة في العمارة"، مطبعة جامعة أوكسفورد، كامبريدج، 1914.

المحاضـــرات:

- صالح أحمد صالح، **محاضرات ترميم المباني الحجرية**، كلية الآداب، جامعة صنعاء، 1989- 1992م.

الملتقيات والمؤتمـــرات:

- رندة السفاريني، **تقنيات الترميم**، مؤتمر العمل الهندسي الاستشاري الثالث في فلسطين، عمان، أيلول 2009م.
- سحر محمد قطري، **المؤثرات الإسلامية في أعمال المعماري الايطالي اليساندرو لوريا بمدينة الإسكندرية 1877-1937م**، المؤتمر الدولي الأول، كلية الآثار، جامعة الفيوم، 2014م.

- عبد الرقيب طاهر، **الخصائص والقيم المعمارية لعمارة الطين في اليمن،** مؤتمر الحضارة الإنسانية من المغارة إلى العمارة، دراسات وبحوث المؤتمر، جمعية بيروت التراث، 6-7 نوفمبر 2001 م.
- مداني لبتر ، **الأغواط صفحات من الحضارة والتاريخ** ، دار هومة ، الجزائر، 2006.
- نجاة فتاطي وحنان بوناب، **الهوية العمرانية للمدينة الصحراوية القصر القديم بمدينة الأغواط،** أشغال الملتقى الدولي تحولات المدينة الصحراوية تقاطع مقاربات حول التحول الاجتماعي والممارسات الحضرية، جامعة قاصدي مرباح ، ورقلة، 2015.

الدوريـــات:

- دائرة المعارف الإسلامية، ج3، تر: عباس محمود وآخرون، مرا: محمد أحمد جاد المولى بك، دار الشعب، القاهرة، 1933م.

المجـــــلات:

- دليل أشغال الترميم، مديرية الثقافة لولاية غرداية و ديوان حماية وادي ميزاب وترقيته.
- رزيق عبد الرحمان، حمزة محمد الشريف، **الملاط في صيانة وترميم الفسيفساء (عينات ميدانية)،** مجلة الدراسات الأثرية، المجلد 19، العدد1، جامعة الجزائر-2-، 2021.
- عابد براك الأنصاري، منتهى خالد فرج، **تأثير العوامل الطبيعية على المباني التراثية ـمدينة سامراء القديمة أنموذجاـ دراسة ميدانية،** مجلة الملوية للدراسات الآثارية والتاريخية، المجلد 3، العدد 6، 2016.
- علاء الدين عبد الرحمن إبراهيم ابوزيد، **السمات المشتركة لعمارة الصحراء الكبرى المدخل البيئي للتصميم في المناطق الحارة الجافة،** مجلة كلية الهندسة جامعة الأزهر، المجلد 14، رقم 53، أكتوبر 2019.
- فاضل عطية جياد و آخرون، **دراسة الخواص الفيزيائية لمادة متراكبة من نظام (الالمنيوم كاربيد البورون)،** مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 العدد 10، بغداد، 2010م.

- قبوب لخضر سليم، **تقنيات التحليل المخبري وفحص المواد الأثرية**، الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، ع 18، جامعة حسيبة بن بوعلي بالشلف، 2017 م.

القواميس والمعاجـــم:

- بيار جورج، تر: محمد الطفيلي، مرا: هيثم اللمع، **معجم المصطلحات الجغرافية** ، ط2، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، 2002م.
- توفيق أحمد عبد الجواد، **العمارة وإنشاء المباني**، ط1، مج 1، المعاجم التكنولوجية التخصصية، وكالة الأهرام للتوزيع، 1998م.
- رزق عاصم محمد، **معجم مصطلحات العمارة والفنون الإسلامية**، ط1 مكتبة مدبولي، 2000م.
- مختار أحمد عمر، **معجم اللغة العربية المعاصرة**، مج1، ط1، عالم الكتب للنشر والتوزيع، القاهرة، 2008م.
- يحيى محمد نبهان، **معجم مصطلحات الجغرافيا، الطبيعية والفلكية والسياسية**، دار يافا العلمية للنشر والتوزيع، الأردن، 2008م.
- يوسف توني، **معجم المصطلحات الجغرافية**، دار الفكر العربي، القاهرة، 1964م.

الرسائل الجامعيـــة:

- أرزقي بوخنوف، **تشخيص الطوب المشكل لهياكل قصري النزلة وتماسين (ولاية ورقلة)**، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في علم الآثار تخصص صيانة وترميم، جامعة الجزائر، 2012.
- بشير طلحة ، **البنى التقليدية وعلاقتها بالتقسيم الاجتماعي للمجال الحضري "دراسة حالة مدينة الاغواط"**، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في علم الاجتماع تخصص علم الاجتماع الحضري، جامعة الجزائر، 2005-2006م.
- رفيق خلاف، **التدابير الإستعجالية في ترميم المباني الأثرية دراسة حالة :ترميم مباني حي عمار علي في إطار المخطط الدائم لحفظ واستصلاح القطاعات المحفوظة**

بقصبة الجزائر، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الآثار، جامعة الجزائر، 2010/2009، الجزائر.

- شتيح عز الدين، **إعادة توظيف المعالم التاريخية (بناء الأمس/وظيفة اليوم) حالة دراسية حصن بوسكارين الأغواط**، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص حفظ التراث المعماري، جامعة منتوري، قسنطينة، 2010-2011م.
- غومة سالم أبو القاسم محمد، **تطور المؤسسة العسكرية في دولتي المرابطين والموحدين في الفترة من(451-668هـ/1059-1269م)**، رسالة ماجستير في التاريخ الإسلامي، قسم العمل الاجتماعي، جامعة الفتح، ليبيا، 2003-2004م.
- قبابلة مبارك، **تطور مواد وأساليب البناء في العمارة الصحراوية**، مذكرة مكملة لنيل شهادة الماجستير في علم الآثار تخصص آثار صحراوية، جامعة محمد خيضر، بسكرة، 2009-2010.

المواقـــع الإلكترونيـــــة:

- مجلة المساء اليومية، 2015. أنظر الرابط الإلكتروني :

- http://elmassarar.com/ara/permalink/41339.html?print#ixzz4uqoJibta

- مصطفى عكلي، على موقع:

- http://www.almarkaz.ma/Article.aspx?C=2666
- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AE%D9%81%D8%A7%D9%81.

قائمة المصادر والمراجع باللغة الأجنبية:

المصـــــادر

- Ammien Marcellin, **histoire**, T3 traduire ,Lourdet, Librairies Broyset, Paris,1777, XXIX, 5.2 .

- DR. Shaw, **Voyage dans la régence d'Alger ou description géographie, physique, philologique**, Traduit d'Anglais par: J .Mac. Cathy, Marlin éditeur, Paris , 1830.
- Du Barail, (Cl), **Mes Souvenirs**, TOME II -(1851-1864),dix -huitième édition, 2eme Volume, plon -nourrit imprimeurs éditeurs, Paris, 1913.

المراجـــع:

- Adam(J-P**), La Construction romaine**, Ed. Picard, Paris, 1989.
- Cecil Mallaby Firth, James Edward Quibell, Jean-Philippe Laucer, Égypt, Maslahat al athar, Editeur: le Caire, impr de l'institut français d' archéologie, 1935.
- Collombet(R), **L'humidité des bâtiments anciens « couses et effets, diagnostic, remèdes »,** Editions du Moniteur, Paris, 1985.
- Decret(F) et Fantar (M), **l'Afrique du Nord dans l'antiquité, histoire et civilisation des origines au V eme siècle**, Payot, Paris,1981.
- Ecole d'Avignon, **Technique et pratique de la chaux,** 2eme édition, Eyrolles, Paris, 2003.
- EUGEN Cizek, **Histoire et Historiens à Rome dans l'antiquité**, Presses universitaires, Lyon, 1993.
- Fatma Marii and Usam Chaidam, **Technical Vocabulary for cultural property conservation**, Unesco Iraq office-culture unit, by Ebaa international, 2011.
- Froidevaux (Y.M): **Technique de l'architecture ancienne**: Construction et restauration, **Mardaga**, **Paris, 1985.**
- Gabriel Beroux, **civilisation de la Méditerranée**; Presses universitaires de France, paris, 1974.
- Galli(G), **La Mosaïque**, Ed Ulysse, Paris, 1989.

- George Torraca, **Matériaux de construction Poreux** , Science de Matériaux pour la conservation architecturale, traduit de l'original anglais par Mattéo (G.Di), édition ICCROM , Rome ,1986.
- Hamlaoui(A**), l'histoire des ksour de la région de Laghouat**, Ministre de la culture, Alger, 2004.
- Jean-Pierre Laporte, **les armées romaines et la révolte de Firmus en Maurétanie césarienne, in l'armée romaine de Dioclétien à Valentinien1er**, Diffusion de Bocccard , Paris, 2004.
- Kazi Hadj Mohamed, **Laghouat dignité et fierté pour l'éternité imprimerie de Rouighi**, Laghouat, 2017.
- Komar (G**)**, **Matériaux et éléments de construction**, éditions MIR, Moscou , 1969.
- Lavenu (M) et Mataouchek(V.), **Dictionnaire d'architecture,** Ed. Gisserot, Paris 1999.
- Martin (R.), "**L'appareilarchitecture", Encyclopedia universalis**, T.2, Paris 1990.
- Maurice Mumenthaler, **Technologie des enduits traditionnels de façade**, Bruxelles.
- Mottershead, D & Others, **The influence of marine salts, aspect and microbes in the weathering of sandstone in two historic s tructures**, in: Building and Environment, 38, 2003, Elsevier Ltd.
- Nachtergal (C), **Agenda du bâtiment**, édition de book, Bruxelles, 1984.
- Pettijohn (F.J), **Sedimentary Rocks**, Harper Row,Pub. Adition 3, New Yourk, 1975.
- Philippon(J) , Jeannette (D) **,** Lefevre R.A , **La conservation de la pierre monumentale en France ,** Presses du CNRS , Paris , 1992.
- Salama (P.), **Les voies romaines de l'Afrique du nord**, Preface de Louis Leschi, S.A.M.A., Alger, 1951.

- Tirraca(G), **Matériaux de construction poreux, science des matériaux pour la construction architecturale**, ICOM, 1986.
- 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.
- Vorobiev (V), **Matériaux de construction**, éditions MIR de Moscou, 1967.

المقـــالات:

- Caneva (G), Salvatori(O), « Altération biologique de la pierre », in: **La Dégradation et la conservation de la pierre, Etude et documents sur le patrimoine culturel N.16**, Venizia 1988, Éd. UNESCO, p 150.
- Fevre(F), «**Les seigneurs du désert: histoire de sahara »,** presse de la renaissance, Paris, 1983.
- Gsell(S), **«observation géographique sur la révolte de Firmus»**, R.S.A.C., N°36, 1902.
- Tauxier(H), **« récite de l'histoire d'Afrique le conte Romanus** », R.AFR, N°, 19, 1890.

القواميـــــس:

- Ahmed Chafik El katib, Dictionnaire des termes scientifiques artistiques, Anglais- Arabe.
- Barbier(M), Dictionnaire technique du bâtiment, Edition Eyrolles, 1982.
- Dictionnaire encyclopédique Larousse, Paris, 1960.

المجـــــــلات والملتقيات:

- Berducou (M.), **La conservation en archéologie**, Ed. Masson, Paris, 1990.

- Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Bilan partiel de fouille du site archéologique de Mlakou, antique petra (Bejaia)**», Actes du 2 ème colloque National Intitulé: **« Rôle de la recherche scientifique dans la conservation du patrimoine Archéologique** », N 14, Chlef le 12-13 Avril 2016.
- Boukhenouf Arezki, Iaichouchene Ouamar, **«Note sur le Site de Mlakou (Petra)(Wilaya de Bejaia)** », Revue Scientifique Annuelle d'Archéologie et du Patrimoine Publiée par l'institut d'archéologie – Université Alger 2,N11, 2014.
- Coque (R.), **La Géomorphologie**, Ed. Leroux, Paris, 1977.
- Iaichouchene Ouamar, Boukhenouf Arezki….., **« Méthode d'enregistrement des trouvailles de fouille, cas du site de Petra- Bejaia** », Actes du 5 ième colloque National Intitulé: **« Rôle de la recherche scientifique dans la conservation du patrimoine Archéologique** », N 12 Bouzaréah le 17-18 Janvier 2015.
- Pichard (P), **Apres un séisme ; Mesures d'urgence, évaluation des dommages**, UNESCO, 1984.
- Tauxier(H), **« récite de l'histoire d'Afrique le conte Romanus** », R.AFR, N°, 19, 1890.
- Thierry verdel, **Géotechnique et Monuments Historiques,** Institut National Polytechnique de Loraine, Ecole des Mines de Nancy, 1993.

المواثيق الدوليـــــة:

- Charte de venise, 1964, Sur la conservation et la restaurationdes monuments et des sites.

الرسائل الجامعيـــة:

- Jérôme Gaombalet, **le gonflement des argiles et ces effets sur les ouvrages souterrains de stockage**, thèse de doctorat :docteur de l'école de polytechnique, spécialité mécanique , 2004.
- Kafra Traore, **Frittage à basse température d'une argile Kaolinitique du Burkina Faso, transformations thermiques et réorganisation Structurales**, thèse de doctorat, université de limoyen, faculté des sciences et techniques, France, 2003.

المواقع الإلكترونيـــة:

- https://www.meubliz.com/definition/boutisse/
- http://www.irismonument.be/fr.glossaire.definition.Panneresse__boutisse.html
- https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%81%D9%8A%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%81%D9%8A%D9%88?fbclid=IwAR2uMm_L_TCMQVipPvsYv3de2XixkOeqgZHzwihZuZkwGaxSXERdk_bdaTs.
- https://m.marefa.org/%D9%87%D8%A7%D9%84%D9%8A%D8%AA?fbclid=IwAR28aS_K4fx20OIHNBFAunDjJDeKxsXjc-wVHC-nZjfhjDqEVa_ZcqThHeI.

الفـــــهارس

فـهرس الخـرائط و الجـداول والمنحنيات والوثائق و المخـططات:

الرقم	العنـــــــــوان	الصفحة
	الخرائـــــــــــــــــــــط	
1	مكان الموقع الأثري ملاكو	16
	الجـــــــــــــــــداول	
1	يبين أماكن أخذ العينات من الموقعين وترميزها	103
2	يمثـل نتائـــج معامـــل امتصـــاص العينات للمـــاء	108
3	نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية	111
4	نتائج حساب المسامية الظاهرية	113
5	مقاييس تقييم حجم الحبيبات وتعريفها وفق النظام الدولي.	115
6	نتائج حساب النسبة المتبقية ونسبـــة المـــارة	116
7	نسب الرطوبـــة فـــي العينـــات	119
8	نتائج اختبـــار تأثيـــر الحـــرارة في درجة 80م°	122
9	نتائج اختبـــار تأثيـــر الحرارة في درجة 180م°	125
10	نتائج اختبـــار تأثيـــر الحرارة في درجة 250م°	128
11	يبين نتائج نسبة الكربونات	130
12	تحليل تأثير اختبار الملوثات الكيميائية (الأحماض والأسس)	138
13	تحليل تأثير اختبار الملوثات الكيميائية (الأحماض والأسس) بعد مرور 10 أيام	139
14	تجهيز العينات وتقسيمها للاختبار المخبري	172
15	أوزان العينـــات	173
16	يمثل أوزان العينات قبل وبعد الغربلة لتعيين التدرج	175

	الحبيبي لها	
المنحنيـــات		
1	يمثل المنحنى البياني جميع القيم لاختبار التدرج الحبيبي للعينات.	117
2	يمثل المنحنى البياني لقيم النسب المتبقية والمارة للعينات.	117
3	يمثل المنحنى البياني لقيم النسب المتبقية والمارة للعينات.	118
اللـــــوحات		
1	تبين أماكن أخذ العينات	104
2	تبين أماكن أخذ العينات	105
الوثائـــــــق		
1	التربص التطبيقي لإجراء التحاليل المخبرية بكلية علوم الطبيعة والحياة جامعة زيان عاشور-الجلفة-	177
2	شهادة تثبت إشراف ومتابعة التحاليل المخبرية ونتائجها من طرف أ/د قاسيمي محمد بكلية علوم الطبيعة والحياة جامعة زيان عاشور-الجلفة-	178
/4/3 /6/5 /8/7 9	تقرير نتائج الاختبارات المخبرية	179
المخططـــــــات		
1	مخطط القبـــو(الجناح الأول).	155
2	مخطط الطابق الأرضي (الجنـاح الأول).	155
3	مخطط الطابق الأرضي (الجناح الثانـي).	155
4	مخطط الطابق الأرضي (الجناح الثالث).	156

5	مخطط الطابق الأرضي(الجناح الرابـع).	156
6	مخطط الطابق الأول (الجناح الرابـــع).	156

فهـــــــــــــرس الأشكـــال:

رقـــــم الشكـــل	العـــــــــــــــنوان	الصفحة
1	يمثل كيفية تجهيز الجير الحي	47
2	أنواع أفــران صناعــة الجيــر	48
3	دورة الجيـــــــــــر.	49

فهـــــــــرس الصـــــــور:

رقـــم الصورة	العنـــــــــــوان	رقم الصفحة
1	صورة جوية لموقع بوسكارين عن قوقل أرث.	9
2	مدخل حصن بوسكارين في أعلى البوابة توجد سنة التأسيس.	10
3	منظر عام للحصن	11
4	الجناح 1 المطل على الفناء.	13
5	النقيشة اللاتينية المكتشفة بجوار الموقع الأثري في عام 1900م.	22
6	منظر عام لأشغال الحفرية.	26
7	غلق الباب بالاسمنت وإضافة أدراج (برج بوسكارين)	27
8- 9	إعــادة طـــــلاء مدخـــل البــرج.	27
10	صعود المياه الباطنية على أسطح الجدران مشكلة طبقة متبلورة من الأملاح (برج بوسكارين).	67
11	انتزاع طبقة التلبيس نتيجة الفعل الميكانيكي للجليد (حصن بوسكارين).	69

12	نمو الكائنات الحية المجهرية (موقع بترا).	69
13	قنوات الصرف الصحي (حصن بوسكارين).	76
14	غلق النوافذ باستعمال الاسمنت (حصن بوسكارين)	77
15	استعمال الاسمنت في الترميم (حصن بوسكارين)	78
16	بقايا جذع شجرة الزيتون المزروعة خلال برنامج الثورة الزراعية	79
17	تلف حجارة الموقع جراء الطقوس الشعبية (موقع بترا).	80
18	نمو الأعشاب الضارة والتي لها تأثير ميكانيكي على عناصر المبنى (حصن بوسكارين).	84
19	فضلات طيور الحمام (حصن بوسكارين).	85
20	جهـــاز كلسيمتر برنارد	129
21	المدخل الرئيسي للحصن إبان الاحتلال الفرنسي	157
22	الجـــدار الشمالـــــي للحصن	157
23	منظـــر جـــوي لحصـــن بـــوسكارين	158
24	إحدى غرف الملحقة الشمالية في حالة تدهور	158
25	تصاعد المياه الجوفية في جدار الملحقة الشمالية للحصن وتسبب في انتزاع طبقة التلبيس	159
26	صورة من الملحقة الشمالية للحصن في حالة إهمال	159
27	انهيار جزئي لبرج المراقبة	160
28	منظـــر عـــام للحصن وللملحقتين	160
29	منظر عام لأشغال الحفرية (موقع ملاكو) لسنة 2017	161
30	أشغـــال الحفريـــة (الجهـــة الشماليـــة للموقع)	161

31	استعمال ملاط الجير في البناء	162
32	نمط البناء في موقع ملاكو باستعمال الحجر الغير منتظم و ملاط الجير	162
33	منظر لأشغال الحفرية	163
34	أعمدة المداخل الواقعة في الجهة الشمالية للموقع	163
35	مواصلة أعمال التنقيب لسنة 2017 إبراز الجدار وتنظيفه	164
36	الجدار الشرقي للموقع	164
37	جهاز قياس الرطوبة (Hygroméré)	165
38	العينات قبل التجفيف	165
39	وزن العينات بعد جفافها	166
40-41	إدخال العينات في جهاز الحمام المائي درجته 80م°	166
42	حساب الكتلة الحجمية	167
43	عمليـــة الغربلة	167
44	عينتين من ملاط الجدار الشرقي الواجهة الأمامية للحصن قبل تأثرهما بالمحلول الحمضي والقاعدي	168
45	إضافة المحلول القاعدي على العينة	168
46	إضافة المحلول الحمضي على العينة	168
47	عينتين من ملاط الجدار الشرقي الواجهة الأمامية للحصن بعد تأثرهما بالحمض والأساس بعد مرور 10 أيام	168
48	عينتين من ملاط التراب الواقع في الواجهة الجنوبية لموقع بترا قبل تأثرهما بالمحلول الحمضي والقاعدي	169
49	إضافة المحلول القاعدي على العينة	169
50	إضافة المحلول الحمضي على العينة	169
51	عينتين من ملاط التراب الواقع في الواجهة الجنوبية بعد تأثرهما بالمحلول الحمضي والقاعدي (بعد مرور 10 أيام)	169

الفـــهرس العـــام

الإهداء

كلمة الشكر

مقدمة.....من (أ) إلى (ح)

الفصل الأول: دراسة تاريخية و منوغرافية للمواقع

تمهيـــــد.....ص8

I- حصن بوسكارين.....ص8

I. 1. الموقع الجغرافي.....ص8

I. -2- نبـــذة تاريخيـــــة.....ص10

I. 3- مميزات حصن بوسكارين.....ص11

I-4-دراسة منوغرافية للحصن.....ص11

I- 5- القيمة المعمارية لحصن بوسكارين.....ص14

II-الموقـع الأثـــري لملاكـــو.....ص15

II-1-الموقـع الجغرافـي.....ص15

II-2-لمحـــة تاريخيـــة.....ص17

II- 3- تعريف المـوقع من خـلال المصـادر.....ص20

II-4- النقيشـــة اللاتينيـــــة.....ص21

II- 5- وصف الموقـــــع.....ص23

II- 6- حالـــة حفظ الموقـــع.....ص23

II-7- الحفرية الأثرية لموقع ملاكـــو و أهميتها.....ص24

III. التدخلات السابقـــــة.....ص26

IV. دراسة المنـــاخ.....ص28

الفصـــل الثانـــي: مـــواد وتقنيات البنـــاء

I مواد البنـــــاء.....ص33

I -1- حصـــن بوسكاريـــن.....ص33

I -2- موقع ملاكو (بتـــــرا قديما).....ص33

I -3- الحجـــــارة.....ص34

- مميزات الحجارة.....ص36

- تعريف الحجارة الكلسية.....ص36

- الحجارة الرملية.....ص37

I -4- الطـــــوب.....ص38

I. 5- الجص.....ص39

I. -6- المـــــلاط.....ص40

- تاريخ ظهور الملاط.....ص41

- مكونات الملاط.....ص45

- أنواع الملاط المستخدمة في المباني الأثرية.....ص56

II تقنيات ووسائـــل البنـــــاء المستعملـــة.....ص59

وسائل استعمـــال المـــــلاط.....ص61

الفصـــل الثالث: دراسة عوامل تلف الملاط وطرق حفظه وصيانته

I. عوامل تلف الملاط.....ص64

أ/-الداخلية.....ص65

ب/- الخارجية.....ص65
II. صيانة وترميم الملاط الأثري في حصن بوسكارين وموقع بترا.....ص85
II. 1- مـــــراحل عمليـــات الترميـــم.....ص86
II. 2- صيانة وترميم الملاط.....ص89
- استعمال الملاط في الترميم.....ص89
- إصلاح انفصال التلبيس الكلسي في المناطق الصحراوية.....ص91
- معالجة تبلور الأملاح على السطح.....ص95
- إعادة بناء واجهة حجرية.....ص95
- إصلاح العقود الموجودة برواق برج بوسكارين.....ص96
- معالجـــة الصعـــود الشعـــري.....ص 98
- تدعيـــــم الأساسات.....ص98
- العلاج الكيميائي.....ص99

الفصـــل الرابـــــع: الأعمـــال المخبريـــة والتطبيقيـــة

I. التحليل المخبري وفحص المواد المشكلة للملاط الأثري لموقع ملاكو وبرج بوسكارين.....ص102

II. تعيين الخصائص الفيزيائية..... ص106
1. اختبار معامل امتصاص الماء.....ص108
2. اختبار الكتلة الحجمية الظاهرية.....ص109
3. اختبار المساميـــة.....ص111
4. اختبـــار التـــدرج الحبيبـــي بالغربلـــــــة.....ص113
5. اختبار تحديد نسب الرطوبة.....ص118
6. اختبـــار تأثير الملوثات الكيمائية (الأحماض والقواعد).....ص119
7. اختبـــار تأثيـــر الحـــرارة.....ص120

8. اختبـــار نسبـــة كربونات الكالسيوم ص128

الفصل الخامس: تحليل النتائج وتشكيل تركيبات المـــلاط

I. تحليـل نتائج الاختبارات المخبريـة.....ص133

1. تحليل اختبار معامل امتصاص الماء.....ص133
2. تحليل اختبار الكلة الحجمية الظاهرية.....ص134
3. تحليل اختبار المساميـــة.....ص135
4. تحليل اختبـــار التـــدرج الحبيبـــي بالغربلـــــــة.....ص135
5. تحليـل نتائـــج اختبـــــار الرطوبـــة.....ص136
6. تحليل تأثير الملوثات الكيمائية (الأحماض والقواعد).....ص137
7. تحليل اختبـــار تأثيـــر الحـــرارة.....ص140
8. تحليل اختبـــار تعيين نسبة الكربونات.....ص141
II. إعـــادة تشكيل التركيبـــات.....ص141
II. 1- المحاجـــــر.....ص143
II. 2- اقتـــراح تركيبات تشكيـــــل المـــلاط.....ص145

الخاتمـــــــــة.....ص149

ملحق الصور.....ص154

ملحق التقارير.....ص176

ملحق التعاريف.....ص186

قائمة المصادر والمراجع.....ص199

فهرس الخرائطو الجداول والمنحنيات والمخططات والوثائق.....ص213

فهرس الأشكـــــال.....ص215

فهرس الصـــــور.....ص215

الفهرس العـــام ص218