التحليل باستخدام المطيافية بالأشعة تحت الحمراء لحجارة المباني الأثرية

"حالة الحجارة الجيرية المستعملة في المدينة الأثرية تبسة "تيفاست"

د.عيساوي بوعكاز

جامعة زيان عاشور– الجلفة

الملخص :

يهدف هذا المقال إلى التعرف على طريقة من طرق التحليل الطيفي في مجال علم الآثار عموماً والصيانة والترميم خصوصاً ، وهي التحليل باستخدام المطيافية بالأشعة تحت الحمراء لحجارة المباني الأثرية ، حيث تمكننا من توصيف حجارة البناء مختلف المعالم الأثرية التي تزخر بها المدينة الأثرية" تيفاست" تبسة و التي تؤرخ لفترات هامة لا سيما الفترة الرومانية و البيزنطية ، وسنحاول التركيز على أهم مادة مستعملة و هي الحجارة الجيرية (الكلسية) بمختلف تركيباتها الجيولوجية والمعدنية .

إن التوصيف الجيد لطبيعة المادة الحجرية يجعل من تشخيص عوامل ومسببات التلف أمراً دقيقا حيث يمكن من خلاله ما إن كان التلف ذو طبيعة جيولوجية أم بسبب تواجد الحجارة ضمن المبنى كما يؤدي بنا الى معرفة طبيعة التدخل في حالة الترميم واقتراح المواد الملائمة.

الكلمات المفتاحية: التوصيف، تبسة، "تيفاست"، المطيافية، الحجارة الجيرية، تقنيات التحليل الطيفي، الصيانة والترميم.

Abstract

This article aims to identify an optical analysis in the field of archaeology in general, and conservation and restoration in particular. FTIR analysis is used for the characterization of building stone in the archaeological city of Tebessa "Theveste" this latter was conquered and colonized by Carthaginians, Romans, and Byzantines .We will focus on the prominent material used at the selected site "Building limestone" with all its geological or mineralogical varieties.

It is important to identify all types of these dimensional stone, considering that through a good characterization we can distinguish if alterations are of a geological nature or because of their positions in building, also this led to know methods of restoration and proposing the appropriate materials.

Keywords: Characterization, Tebessa, Theveste, FTIR spectroscopy, Building limestone, Optical spectroscopy, Conservation and restoration

مقدمة:

يعتبر التراث الحضاري المعماري بمثابة الانعكاس المادي المباشر الأكثر تجلّيا للمجتمعات الإنسانية، فهو يمثل ذاكرة الشعوب وهو الذي يدون فترات تعاقب الحضارات على هذه الأرض، ومرآة عاكسة لأوجه ازدهارها وتطورها. وكون عمارة الإنسان عمل واع من نتاج العقل والذي تمكن من اختيار المواد المناسبة للبناء فإن ديمومة المواد وسلامتها تبقى رهن الظروف والتغيرات التي تخضع لها هذه االمواد وفي حالتنا سنتناول حجارة مباني المدينة الأثرية تبسة "تيفاست" .

على الرغم من أن دورة تلف المواقع الأثرية والمنشآت المعمارية هي جد منطقية والتي تبدأ من اللحظة التي اكتمل فيها البناء لتعيش فترة من الزمن ثم سرعان ما تتقادم إلاّ أن المدينة أضحت عرضة للضياع والهدم، فالأخطار التي تهدد معالم المدينة كثيرة كون معظم مبانيها تندرج ضمن نسيج عمراني، وقد تسبب في أضرار فتاكة مما يعجل بزوالها واندثارها .

تعتبر صيانة و ترميم المباني الأثرية من أعقد المهام التي تواجه أخصائي الترميم ذلك أن الأمر لا يحتاج فقط إلى دراسة مختلف عوامل ومظاهر التلف بل يتعداه إلى التشخيص الجيد بداية من التوصيف العلمي لحجارة المباني الأثرية وصولاً إلى اقتراح الطرق العلمية والمواد الملائمة لصيانة و ترميم المباني الأثرية، ويعتبر التحليل الفيزيائي والكيمائي من الطرق التي تمكننا من التعرف على الخواص الفيزيوكيميائية للمواد، و الحجارة الجيرية هي أحد هذه المواد التي استخدمت كمواد إنشائية في المباني الأثرية .

وتجدر الإشارة أنّ التحليل الطيفي من التقنيات العلمية الجيدة لتحديد خصائص المواد فكيف يمكن استعماله في مجال توصيف حجارة المباني الأثرية ؟ وما هي الإضافة التي يقدمها إلى المرمم ؟

1. الإطار التاريخي و الأثري لمدينة تبسة:

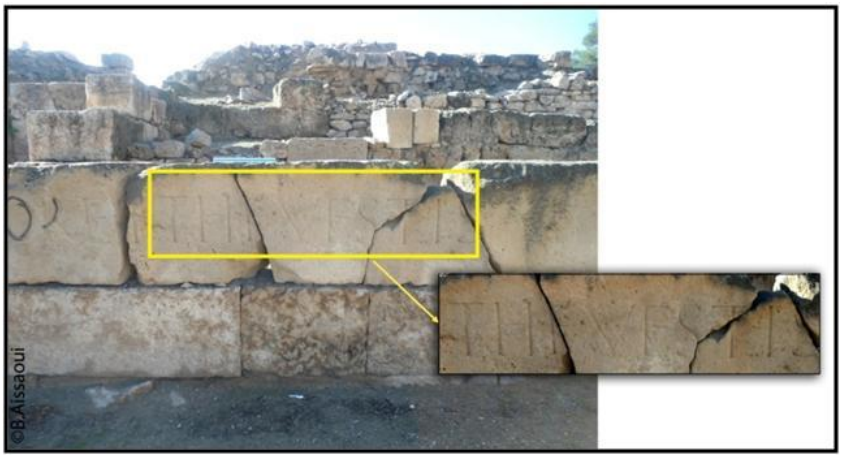
ألقت إشكالية تاريخ تأسيس المدينة بظلالها على أصل تسمية المدينة "Theveste" إذ أن المصادر التاريخية القديمة لم تأت على ذكر اسم المدينة , فلا المؤرخ الإغريقي سترابون "Strabon" ولا بلينيوس الأكبر "Pline l'Ancien" أشارا اليها . كما لما يذكرها المؤرخ الروماني سالوست "Salluste" ولا المؤرخ تاسيتس "Tacite" على الرغم من أن هذه الرقعة الجغرافية كانت مسرحاً لعدة أحداث كحرب يوغرطا وثورة تاكفريناس[1] . أما المؤرخ ديودور الصقلي "Diodore de Sicile"فإنه يرى أنها أنشأت من طرف هِرَقل أو هيراكليس " Héraclès " [2]وتذكر الأسطورة أن المدينة أُسِّست من طرف هِرَقل والذي تفضل بالاستراحة بها في إحدى جولاته وانه هو من سمّاها تبْس "Thébes" تيمُّناً بطيبة المصرية[3] الأقصر حاليا، كما أنه من الواجب التنبيه ان هِرَقل من مدينة "Thébes" ثيفا او طيبة بالإغريقية "Θῆβαι " أو "Θῆβαι " باليونانية الحالية وهي المدينة التي ولد بها هِرَقل[4] . كما عُرف أن المدينة في الفترة القرطاجية سُمّيت بمدينة هيكاتومبيل "Hécatompyle" أي مدينة المائة باب [5] .

أما عن أول ظهور لتسميتها "Theveste" فقد جاء من خلال"جغرافيا بطليموس" أمّا في مسار أنطوان فجاء نعتها باسم كولونيا "Colonia" [6].

ويعتقد أن التسمية "Theveste" تسمية رومانية وهي تحريف وتشويه لكلمة تَبْسَ "طيبة" لجعلها سهلة النطق عند الرومان وقد عرفت "Theveste" تحت اسم كاسترا هيبارنا "Castra-hiberna"

بعد تحول نوميديا الى مقاطعة رومانية[7].

ثم استقر الاسم "Theveste" و "Thebeste " حسب التسمية الموجودة في نسخ بعض المخططات القديمة ثم تطورت تسميتها إلى(تيفيسيس) (Thévestis)، ويتواجد بالمسرح نقيشة تتضمن التسمية "Thevestis" (الصورة 01) .



الصورة رقم 1: حجارة تتضمن كتابة لاسم المستعمرة تيفاست "Theveste "

2. **الحجارة كمادة بناء رئيسية لمباني المدينة الأثرية :** تقطع المواد الحجرية من الصخور التي عادة ما تكون صلبة، وخاملة بشكل معتدل،وتتمتع بدرجة متباينة من المسامية، وتصنف من حيث تكوينها الجيولوجي الذي يعطي فكرة عن درجة صلابتها واستقراريتها ومساميتها[8].

ولعل السمة السائدة في مباني المدينة الأثرية تبسة أنها من الحجارة وتحديدا الحجارة المصقولة والمشذبة بأشكال وأبعاد مختلفة، مربعة، مستطيلة، شبه منحرفة، وأحيانا نصف دائرية، وقد استعملت في الغالب لبناء الحوائط والجدران وكذا لتبليط الأرضيات .ومن خلال المعاينة الأولية بالعين المجردة تبين أنها من لحجارة الجيرية ، وهي حجارة من أصل كلسي من صخور الكربونات وهي بدورها صخور رسوبية كيميائية المنشأ أو بيوكيميائية وتحتوي أساسا على كربونات الكالسيوم CaCo3 ويطلق اسم الحجر الجيري على الصخور التي تحتوي على الصخور التي تحتوي أكثر من 50% من كربونات الكالسيوم[9]

3. **التحليل باستخدام المطيافية بالأشعة تحت الحمراء:**

تعتبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء من الطرق الأساسية في دراسة المواد، فهي تمكننا من التعرف علي بنية المادة

المدروسة من دون التأثير علي خصائصها، تعتمد علي دراسة الأطياف الممتصة من طرف العينة، و ينحصر مجالها بين 7.0و 50 µm .

تتكون المادة من الجزيئات التي بدورها تتشكل من ذرات ترتبط فيما بينها بروابط كيميائية ذات اهتزازات مركزية، لذا يمكن تشبيه هذا الجزيء بمجموعة اهتزازت توافقية، هذه الاهتزازات تملك رنين ناتج عن الاضطراب بجوار حالة الاستقرار.

مطيافية الأشعة تحت الحمراء تسمح بمعرفة ودراسة هذا النوع من الاهتزازات وعند خضوع عينة لطيف كهرومغناطيسي يشمل مجال الأشعة تحت الحمراء، إذا كان تردد الحقل الكهرومغناطيسي المحتوي في الطيف يساوي طيف الاهتزاز لجزيئات المادة يحدث امتصاص للطاقة، ما يجعلها تنتقل من مستوي طاقة الاستقرار إلي مستوي آخر[10]

4. **العينات** و **أسباب اختيارها** :

قصد توصيف الحجارة الجيرية المستعملة في المباني الأثرية لمدينة تيفاست قمنا بإجراء تحاليل مخبرية طيفية من أجل معرفة مكونات الحجارة الجيرية المستعملة في بناء المدينة الأثرية تبسة وقد تمت الدراسات على عينات جلبت بالقرب من السورالبيزنطي و البازيليكا و تبسة الخالية وكذا من محجر محلي للحجارة الجيرية بجبل أزمور، وكانت الدراسة على مستوى مخبر كلية البيولوجيا لجامعة الجلفة.

وقد تم اختيار هذه العينات و فق المعاينة الميدانية للموقع الأثري و تمت ملاحظة حيث أن هذه العينات تشكل معظم حجارة المباني وكذا الأرضيات حيث استعملت كصخور مصقولة أو دبش كما أنها تمثل بعض العناصر المعمارية كما أن معظم عوامل التلف و خاصة منها الكسور لاحظناها في هذه الأنواع من الحجارة ومن تحديد كل الخصائص الفيزيائية و العناصر المعدنية المشكلة لها، يمكن إيجاد المواد اللازمة للترميم. وقد قمنا بأخذ أربعة عينات و مبدئيا حاولنا تسميتها وتصنيفها كما هو مفصل في الجدول 1

الجدول 1: تسمية العينات ووصفها

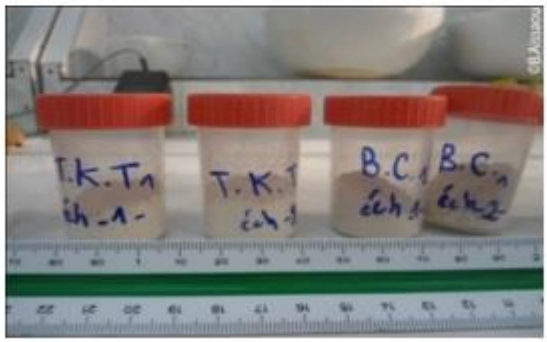
اسم العينة	الترميز	مكان الجلب	الوصف
العينة 1	B.C 1	البازيليكا المسيحية	حجارة كلسية بنية الى وردي نوعا ما مرنة
العينة 2	M.B 1	السور البيزنطي	حجارة كلسية رمادية الى بنية صلبة
العينة3	T.K.T 1	تبسة الخالية	حجارة كلسية بنية مرنة
العينة 4	C.Dj.Az 1	محجر جبل أزمور	حجارة كلسية بنية فاتحة إلى بيضاء

4-1 تحضير العينات:

تم تحضير أربعة عينات للحجارة التي جُلبت من البقايا المتساقطة من الموقع وكذا من المحجر عل شكل مساحيق باستعمال هاون سيراميكي حيث قمنا بتكسير الحجارة لتليها عملية الغربلة باستخدام منخل أقل من 40 ميكرون (الصور2،3،4)

الصورة رقم 3: التكسير باستعمال هاون خزفي

الصورة رقم 4: استعمال منخل للغربلة



الصورة رقم 2: العينات على شكل مساحيق في عبوّات

ويكمن الهدف من وراء سحق الحجارة هو أن تكون سطوح البلورات الصغيرة للحبيبات موزعة توزيعاً عشوائياً في كل الاتجاهات.

4-2 تحضير العينات على شكل أقراص :

أ- المواد المستخدمة :

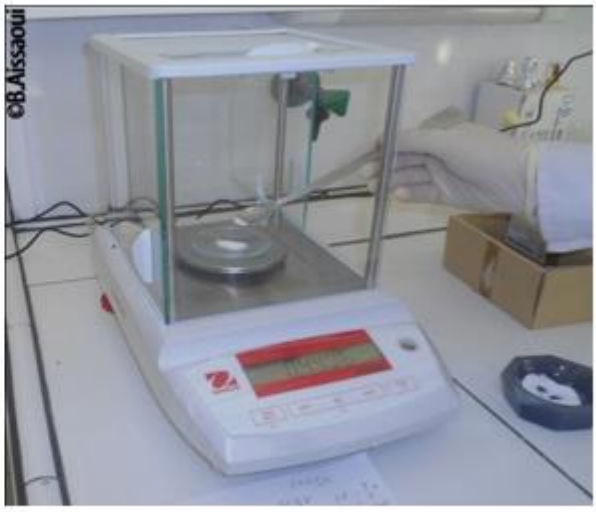
بروميد البوتاسيوم (Kbr)، أربع عينات من حجارة مواقع المدينة، أسيتون للتنظيف

ب- الأدوات والأجهزة المستخدمة:

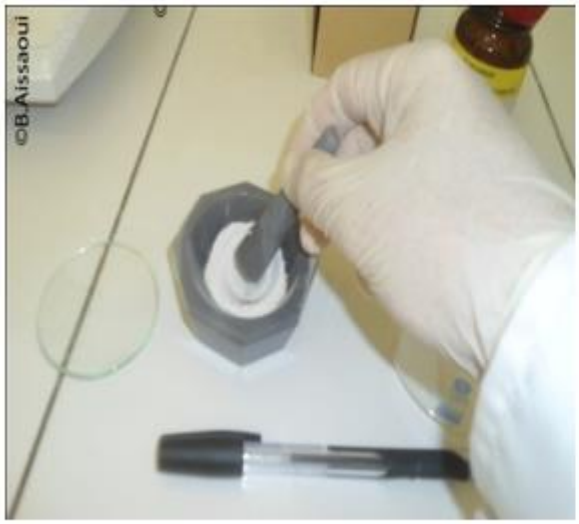
- ميزان الكتروني – جهاز المطيافية (SHIMADZU IRAffinity - 1)
- هاون من العقيق – ألة كبس
- زجاجة الساعة – مطرقة صغيرة
- ملواق (ملعقة طبية) (Spatule)

ج- خطوات العمل :

- نقوم بوزن 0,65 غ من عينة الحجارة ، ثم نقوم بإضافة عشرها 0,065 غ من مسحوق بروميد البوتاسيوم (Kbr) (الصورة 5)
- نقوم بخلط الوزنين في هاون من العقيق ثم رحيه بشكل متواصل ومنبسط بغية الحصول على مزيج متجانس للمادتين(الصورة 6)



الصورة رقم 5: وزن العينات مع kbr



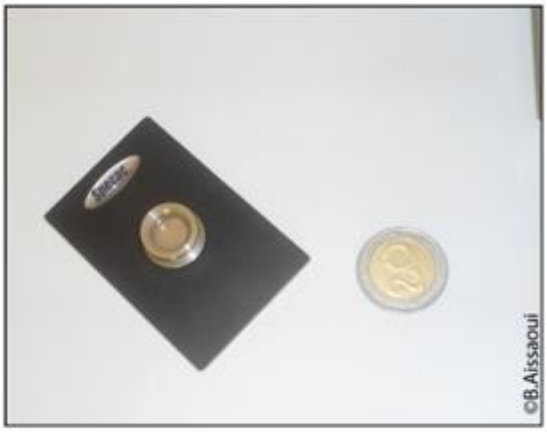
الصورة رقم 6: الخلط والسحق

- نقوم بوضع المزيج المتحصل عنه في حامل اسطواني صلب مفتوح من الجانبين، ونوزعه بشكل متساو، ثم نسدّ أحد الطرفين(الصورة 7).
- نضع الحامل تحت المكبس بثقل 10 كغ لمدة من 10 الى 15 دقيقة (الصورة8)

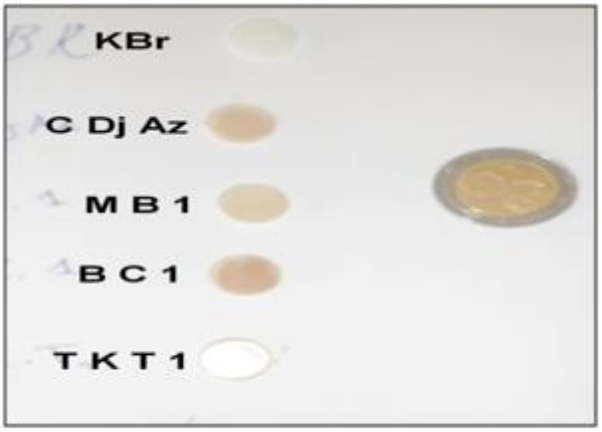
الصورة رقم 7: حامل اسطواني

الصورة رقم 8: المكبس

- نتحصل على أقراص ذات قطر يصل إلى حوالي 12 مم وسمك 2مم
- بعد تحضير الأقراص نقوم بوضعها في حاملة العينات بغرض الفحص(الصورتين 9و10).



الصورة رقم 9: حاملة العينات

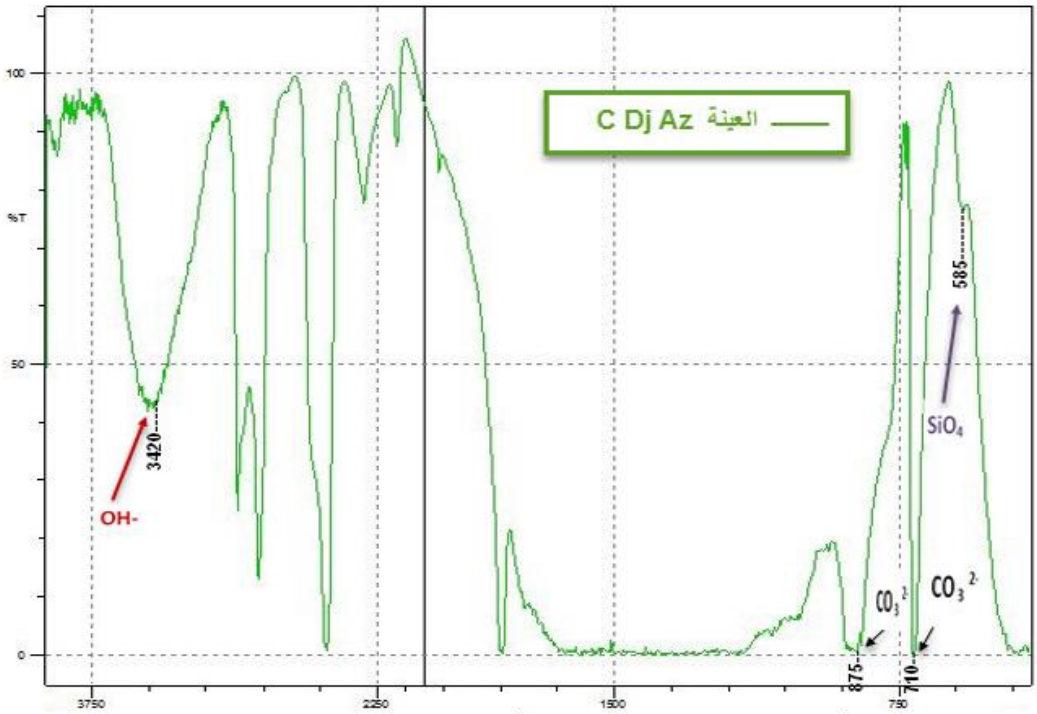


الصورة رقم 10: العينات على شكل أقراص

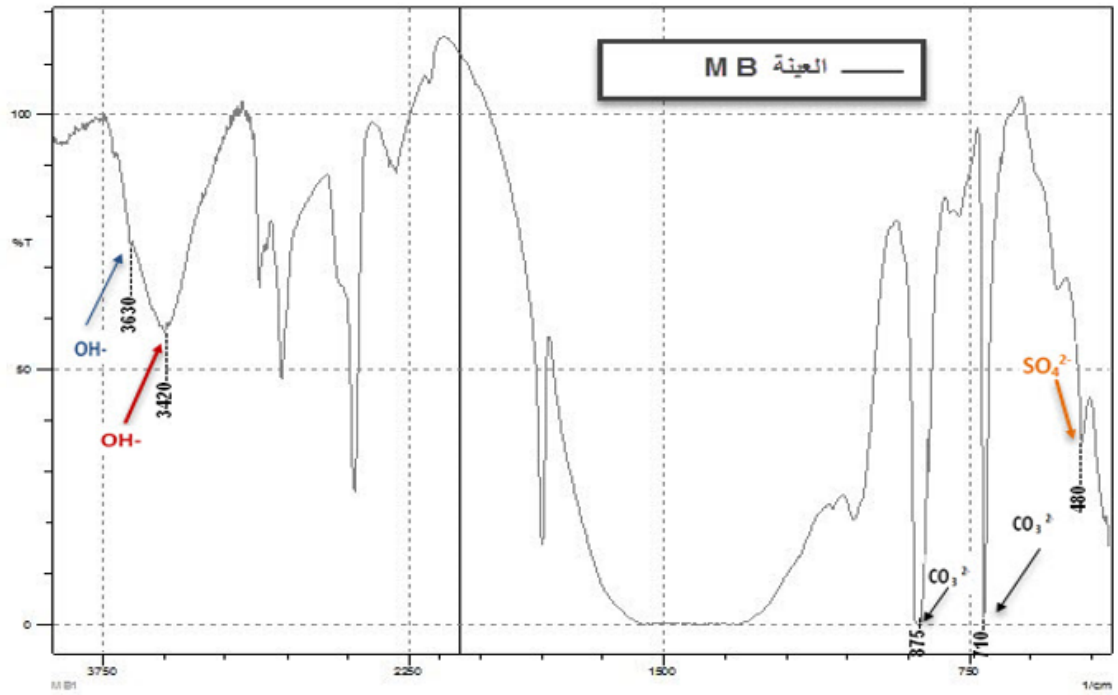
تمت عملية فحص العينات باستخدام جهاز المطيافية للأشعة تحت الحمراء (SHIMADZU IRAffinity - 1) موصول بجهاز حاسوب (الصورة 11)

الصورة رقم 11 جهاز المطيافية للأشعة تحت الحمراء

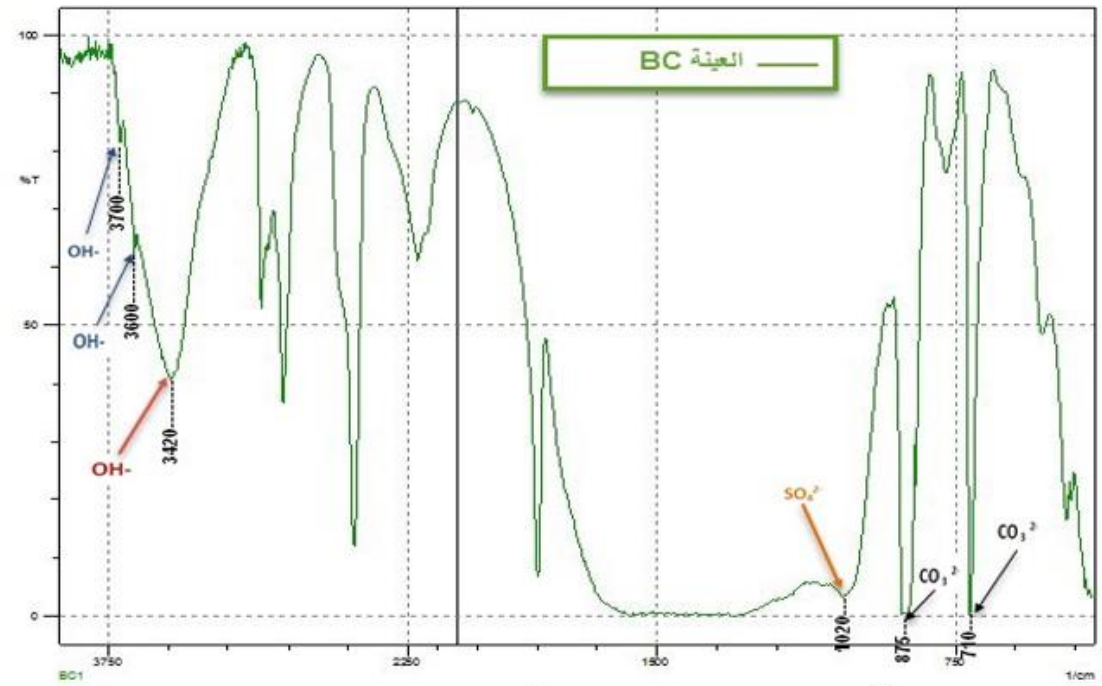
وتحصلنا على النتائج المبينة في المنحنيات البيانية (الأشكال1،2،3،4)



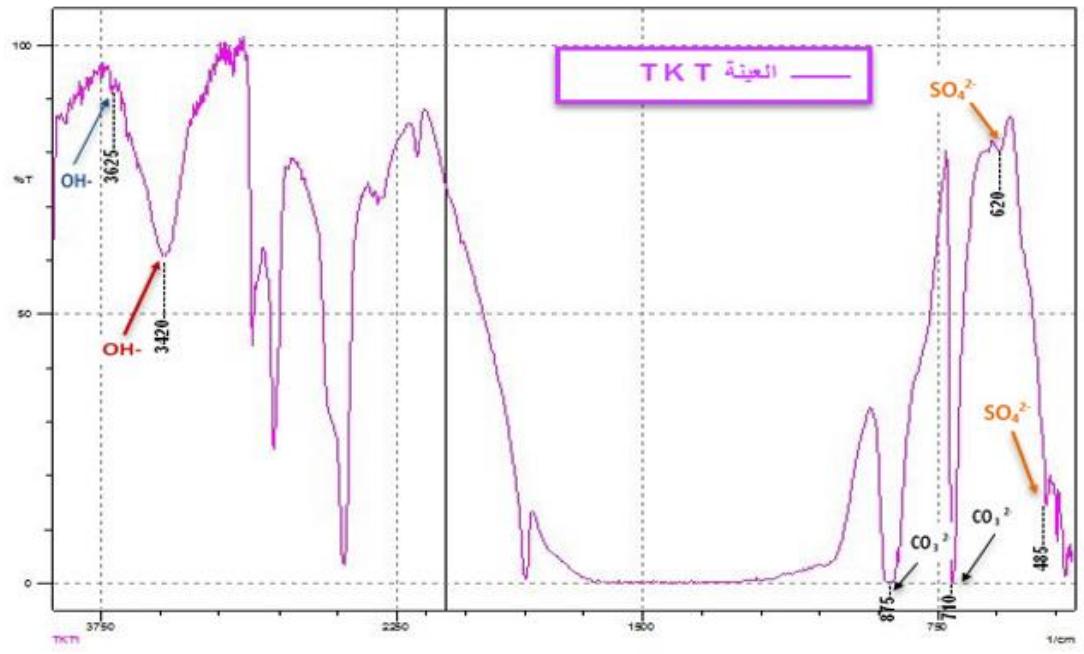
الشكل 1: المنحنى البياني لطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة C Dj Az 1



الشكل 2: المنحنى البياني لطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة MB1



الشكل 3: المنحنى البياني لطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة BC 1



الشكل 4: المنحنى البياني لطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة TKT 1

تحليل المنحنيات:

تمت عملية فحص العينات باستخدام جهاز المطيافية للأشعة تحت الحمراء ، حيث مسحنا مجال الترددات بين(450 و4050 cm^{1-}) وأظهرت المنحنيات وجود حزم امتصاص مميزة للمجموعة أو الجذر " CO_3^{2-} " من نوع كالسيت رمبويدريك[11] rhomoboédrique Calcite $CaCO_3$ تتمثل في الحزمتين (680- 720 cm^{1-}) و (850- 880 cm^{1-}) وهذا في كل العينات المدروسة مما يؤكد نتائج تحديد الكربونات باستعمال جهاز الكالسيمتر وكذا نتائج الدراسة المجهرية باستعمال المجهر الضوئي المستقطب، كما تم ملاحظة الماء المتصل فيزيائياً وجود الماء المتصل فيزيائياً-OH في العينات(MB,BC ,TKT) من خلال الحزمة[12] (3700- 3600 cm^{1-}) والذي قد يعود إلى أن العينة تمتص الرطوبة المحيطة حولها. ويظهر منحني العينتين (C Dj Az,BC)

وجود جزيئات للكوارتز (رمل) قد يعود إلى أن العينات تحتوي على شوائب التصقت بها في محيط التقاطها.

وأظهرت منحنيات العينات(MB,BC ,TKT) حزم (420- 500 cm^{1-}) و (600- 680 cm^{1-}) و (980- 1020 cm^{1-}) تمثل أملاح السيلفات قد تكون شوائب في العينة التصقت بها في محيط التقاطها والجداول (2،3،4،5) تفصل نتائج البيانات .

الجدول2 : الجدول التفصيلي الشارح للمنحنى البياني للعينة C Dj Az

الذروة رقم	طول الموجة (cm^{-1})	الجذر (المجموعة)	المركب المحتمل	الملاحظات
1	3510	OH-	-الماء المتصل فيزيائياً (Eau liée physiquement)	-وجود الكربونات $CaCO_3$ والتي تؤكد نتائج تحديد نسبة وجود الكربونات باستعمال جهاز الكالسيمتر، وكذا الدراسة المجهرية
2	3420			
3	2970	CO_3^{2-}	-كالسيت رومبودريك (Calcite $CaCO_3$ Rhomoboédrique)	- وجود جزيئات للكوارتز (رمل) قد يعود إلى أن العينة تحتوي على شوائب التصقت بها في محيط التقاطها.
4	2880			
5	2520			
6	2340	Si- O - Si	- كوارتز	
7	2160			
8	1980			
9	1780			
10	875			
11	710			
12	585			

الجدول3 : الجدول التفصيلي الشارح للمنحنى البياني للعينةBC

الذروة رقم	طول الموجة (cm^{-1})	الجذر (المجموعة)	المركب المحتمل	الملاحظات
1	3720			
2	3600			
3	3420	OH-	-الماء الداخل في تركيبة المادة (Eau de constitution)	-وجود الكربونات $CaCO_3$ والتي تؤكد نتائج تحديد نسبة وجود الكربونات باستعمال جهاز الكالسيمتر، وكذا الدراسة المجهرية
4	2985		-الماء المتصل فيزيائياً (Eau liée physiquement)	-وجود الماء المتصل فيزيائيا-OH قد يعود إلى أن العينة تمتص الرطوبة المحيطة حولها.
5	2880	OH-		
6	2520	CO_3^{2-}	-كالسيت رومبودريك (Calcite $CaCO_3$ Rhomoboédrique)	- وجود جزيئات للرمل قد يعود إلى أن العينة تحتوي على شوائب التصقت بها في محيط التقاطها.
7	1800			
8	1020	SO_4^{2-}	- أملاح السيلفات	
9	875	Si- O - Si	- كوارتز	
10	863			
11	780			
12	710			
13	550			
14	475			

الجدول4 : الجدول التفصيلي الشارح للمنحنى البياني للعينةMB

الذروة رقم	طول الموجة (cm^{-1})	الجذر (المجموعة)	المركب المحتمل	الملاحظات
1	3630	OH-	-الماء الداخل في تركيبة المادة (Eau de constitution) -الماء المتصل فيزيائياً (Eau liée physiquement) -كالسيت رومبودريك (Calcite $CaCO_3$ Rhomoboédrique) - أملاح السيلفات	وجود الكربونات $CaCO_3$ والتي تؤكد نتائج تحديد نسبة وجود الكربونات باستعمال جهاز الكالسيمتر، وكذا الدراسة المجهرية - وجود الماء المتصل فيزيائياً-OH قد يعود إلى أن العينة تمتص الرطوبة المحيطة حولها. - أملاح السيلفات قد تكون شوائب في العينة التصقت بها في محيط التقاطها.
2	3420			
3	2970			
4	2880			
5	2520			
6	2310			
7	1800	OH-		
8	1030	CO_3^{2-}		
9	875	SO_4^{2-}		
10	710			
11	525			
12	480			

الجدول5 : الجدول التفصيلي الشارح للمنحنى البياني للعينة TKT

الذروة رقم	طول الموجة (cm^{-1})	الجذر (المجموعة)	المركب المحتمل	الملاحظات
1	3720			
2	3600			
3	3420	OH-	-الماء الداخل في تركيبة المادة (Eau de constitution)	-وجود الكربونات $CaCO_3$ والتي تؤكد نتائج تحديد نسبة وجود الكربونات باستعمال جهاز الكالسيمتر، وكذا الدراسة المجهرية
4	2985		-الماء المتصل فيزيائياً (Eau liée physiquement)	-وجود الماء المتصل فيزيائيا-OH قد يعود إلى أن العينة تمتص الرطوبة المحيطة حولها.
5	2880	OH-		
6	2520	CO_3^{2-}	-كالسيت رومبودريك (Calcite $CaCO_3$ Rhomoboédrique)	- وجود جزيئات للرمل قد يعود إلى أن العينة تحتوي على شوائب التصقت بها في محيط التقاطها.
7	1800			
8	1020	SO_4^{2-}	- أملاح السيلفات	
9	875	Si- O - Si	- كوارتز	
10	863			
11	780			
12	710			
13	550			
14	475			

خاتمة:

من خلال العمل المخبري في هذه الدراسة التجريبية على عينات من حجارة مباني المدينة والمحاجر باستعمال تقنيات التحليل باستخدام المطيافية بالأشعة تحت الحمراء، وبعد مقارنتها مع المعطيات المتاحة تمكنا من الوصول إلى النتيجة الرئيسية التالية:

– تحديد بعض المحاجر التي جلبت منها حجارة المباني حيث أن الحجارة الكلسية تم جلب معظمها من المحاجر المحلية أساسا جبل أزمور مع التحفظ على عدم تمكننا من معاينة وزيارة المحاجر المحتملة ،مما يدعم التحليلات الفيزيوكيميائية التي قمنا بها، وبالتالي فهذا يسهل لنا احد عمليات الترميم والمتمثلة في استبدال الحجارة التالفة بالحجارة الأصلية وهذا تماشياً مع القواعد الأساسية للترميم في هكذا حالات.

الهوامش:

[1] MOLL(M), **Mémoire historique et archéologique sur Tébessa (Theveste) et ses environs** in Annuaire de la société archéologique de la province de Constantine. Bastide et Amavet libraire –éditeurs, Constantine (1858-1859). pp 26-29

[2] Lequément (R), Fouille à l'amphithéâtre de Tébessa (1965-1968) in B.A.A, 1965-1968, 2éme supplément, p14

[3] De Roch (S), **Tébessa (Antique Theveste)** .les presses de L'imprimerie officielle. Alger. 1952 .p10

[4] ملاحظة الباحث

[5] De Roch (S), **Op.cit.,** p11

[6] Moll (M) op.cit, p29

[7] Capitaine Maitrot, Theveste Etude militaire d'une cité romano-byzantine in Recueil des notices et mémoires de la Société Archéologique du Département de Constantine 1911, p38

[8] ج ،أم ،كرونين و س .روبنسون **: أساسيات ترميم الآثار** .ترجمة :عبد الناصر الزهراني، جامعة الملك سعود.الرياض 2006،ص 154

[9] سمير أحمد عوض و عبد المنعم أحمد محمود ، **مقدمة في علم الرسوبيات**، مكتبة الانجلو – مصرية، القاهرة 2007، ط1 ، ص154

[10] Stuart(B), **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications**, Ed Willey, Chichester –UK,2004 , pp20-21

[11] G.Maglione & M.Carn, Spectres infrarouges des minéraux salins et des silicates néoformés dans le bassin tchadiens, in OSTROM, sér, Géol, vol VII n1 ,1975, pp 5-6

[12] Ibid