دراسة تشخيصية لمظاهر التلف و طرق صيانة الأعمدة الرخامية قصر أحمد باي بقسنطينة - الجزائر

د. قبوب لخضر سليم
جامعة الجزائر 2

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز أهمية الأعمدة الرخامية كمادة أثرية لا تقل أهمية عن باقي المواد المستعملة في بناء القصور و المعالم الاثرية على وجه العموم ، و على وجه الخصوص التطرق إلى دورها و استعمالها في تشيد قصر أحمد باي بقسنطية من الناحية الجمالية و المعمارية ، مع محاولة إظهار أهم عوامل تلف مادة الرخام و حالة حفظها في القصر لتقديم جملة من الحلول و الاقتراحات لصيانتها و المحافظة عليها ، و على هذا الممتلك الأثري للأجيال المستقبلية.

الكلمات المفتاحية : الأعمدة الرخامية ، قصر احمد باي ، تلف ، صيانة .

Résumé

Le but de cette étude pour mettre en évidence l'importance des colonnes en marbre dans les constructions et les monuments archéologiques en général et en particulier aborder son rôle et utilisation dans le palais d'Ahmed Constantine, avec une tentative de montrer les facteurs les plus importants responsables à l'altération du marbre , afin de fournir des solutions et des moyennes de conservation et restauration et ceci, a possédé le site archéologique pour des générations futures.

Mots clés : Colonnes, Marbre , Palais d'Ahmed , monuments archéologiques , Altération , Conservation ,Restauration.

1- مقدمة

يعد قصر أحمد باي من ابرز قصور المعالم العثمانية الموجودة بمدينة قسنطينة بالشرق الجزائري من حيث مساحته الإجمالية الشاسعة شيده أحمد باي ، آخر بايات قسنطينة حيث شرع ببنائه سنة 1826م و دامت مدة بنائه حتى سنة 1835م ، استلزم لإقامته تهديم أربعين منزلا وسط المدينة لترك المساحة التي تبلغ 609 5 متر مربّع. انطلقت عملية البناء بتسوية الأرضية و الحفر و ضبط المخطط الرئيسي للقصر ، أوّل ما شرع في بناءه هو الطابق الأرضي بالجهة الشرقية ، استعمل فيها الحجارة الضخمة حيث استعملت الحجارة و مدكوك الفخار و الملاط ، ثم شرعوا في بناء الطابق العلوي حيث استعمل الأجر ، ثم التسقيف بالألواح الخشبية و بعدها سقف القرميد ، عين أحمد باي لبنائه قائد الدار المكلف " البحاوي " و مجموعة من المهندسين و الفنانين.[1]

يشكل القصر مستطيل واسع يغطي أرضية شبه منحدرة و يتركب من أربعة أجنحة ذات طوابق تشكل بدورها أربع واجهات أساسية.[2]

ببساطة القصر من الخارج لا يعكس ما يحتويه من الداخل من روعة و جمال، فالطابق الأرضي يحتوي على أربعة أجنحة و قد خصص الخارجيان منها لإسطبلات الخيول ، و يكون الجناح الغربي المدخل الوسط إلى غرفة الباي التي يقام فيها المجلس القضائي ، نجد الغرف الأرضية كلها مغطاة بالآجر الأحمر و جدرانها مدهونة بأنواع من الحجارة المحروقة ، و مطلية بمادة لامعة و يوجد في وسط القصر ثلاث حدائق مفصولة عن بعضها و ترتبط فيما بينها بطرق أو أروقة ، أحدها حوض قطره 10 أقدام مصنوع من المرمر جلب سنة 1835م من تونس و يحتوي هذا الحوض على نافورة صغيرة ، نعود إلى المدخل أين نجد مباشرة غرفة فطومة (محضية الباي) ذو ثلاث صفوف من الأعمدة ، و على يمينه نجد غرفة الباي هي مستطيلة الشكل 14م طولا على 6م عرضا ، و هي مفتوحة مباشرة على حديقة البرتقال.[3]

2- أعمدة الرخام بقصر احمد باي

تتواجد أعمدة الرخام في كامل أنحاء القصر أينما اتجهت ، نظرا للاتساع الذي يحتله القصر من مساحة ، فالمساحة الأصلية المبنية كانت تقدر بـــ 4.780.75 متر مربّع ، أما حاليّا فهي 3.669.75 متر مربّع ، أما حوالي مساحة 1.430.25 متر مربّع قطعت من طرف الفرنسيين ، و المساحة الغير المبنية تقدر بـــ 1.430.25 متر مربّع و هذه المعطيات وليدة تحقيقات جيدة في الموقع ، طبقا لمساحة القصر بعد أعمال الحفظ لسنوات.

يبلغ عدد أعمدة الرخام في القصر 245 عمود و ذلك حسب إحصائيات مكتب الدراسات المعمارية الدقيقة و المتواجدة به.[4]

- و عليه نجد أنه يحتوي على البعض منها عند المدخل ، و عددها خمسة من نوع واحد ، عند اليمين و تعد المركز أو وسط القصر ، كما نجد مكتب الباي مباشرة على شكل مستطيل به عمودين صغيري الحجم و أقصر طولا يشكلان محراب ذو عمق مسطح أيضا نجد به أربعة أعمدة مقسمة المكتب طوليا إلى جزأين.

- يحتوي القصر على حديقة النخيل الكبرى التي فيها أعمدة محيطة بها ، عددها ثمانية و عشرون عمودا ، في نفس الجهة بالطابق السفلي و الذي به محكمة التي تنقسم بدورها إلى غرفة أولى صغيرة بها عمودين و أخرى أوسع بها أربعة أعمدة و الأخيرة بها ستة أعمدة ، أما الطابق العلوي للمحكمة له نفس الغرف و نفس التقسيم بالنسبة للأعمدة أي يحوي اثنتي عشر عمود ، كما يتواجد رواق في نفس الطابق يطل على الحديقة به خمسة أعمدة ، وللمحكمة طابق ثالث به ستة أعمدة ، و يتواجد صحن الدار بعد المحكمة مباشرة و الذي يطل أيضا على الحديقة و به أربعة عشر عمود ، و هناك غرف محيطة به الأولى على اليمين نجد بها أربعة أعمدة و الغرفة الموالية بها عمود واحد.

- و نجد شمال شرق المدخل الحوض و الذي يحتوي في الطابق السفلي على عشرين عمود محيط به ، أيضا هناك غرفة بها عمودين و الطابق العلوي للحوض يرتكز على نفس عدد أعمدة الطابق السفلي (20 عمود) و به غرف تحوي أربعة أعمدة.

- عند المدخل نجد رواق مقابل لمكتب الباي المشكل باثنتي عشر عمود ، حيث نجد حديقة البرتقال المحيطة بستة و خمسون عمود محيطة بغرف منها الأولى على اليمين بعد المكتب مباشرة بها عمودين.

- الطابق العلوي للحديقة بالإجماع مع الغرف و المشربية أو الصحن نجد خمسة و أربعون عمود.

- من خلال الزيارة الميدانية للقصر نجد أن أعمدة الرخام أكثر العناصر المعمارية انتشارا في القصر أينما اتجهنا.

3- دورها و استعمالاتها

- تعدّ الأعمدة الرّخامية نواة هذا الهيكل المعماري.

- للأعمدة دور كبير في حمل العقود و السقوف ، حيث أنها تعتبر الركيزة الأساسية التي تحمي المبنى من الانهيار ، لذلك نجد استعمالها في المباني يعود إلى الفترة القديمة ، و التي تطورت مع مرور الزمن و العصور اللاحقة ، كما خصّصت لها مراكز خاصة لصناعتها ، و استخدمت الأعمدة بأنواع مختلفة نذكر منها الأعمدة المربعة و المستديرة و المركبة و غيرها.

- من الناحية المعمارية العمود يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية و هي : التاج و هو يرتكز على البدن ، و هذا يتكئ على قاعدة دائرية و له أساس تحت مستوى بلاط الأرض تسمى وسادة.[5]

- تتواجد في القصر أنواع مختلفة من الأعمدة نذكر منها، العمود المربع، من بين الأعمدة القوية و المزخرفة ، و لقد استعمل هذا النوع بصفة خاصة داخل الغرف.

- العمود المستدير أو الدائري أو الأسطواني ، هو ما كان على شكل دائرة ، لهذا النوع قواعد تبرزعن البدن في شكل مفرطح على الأرض لتؤدي وظيفتين ، أولهما توزيع ثقل العمود على أساس المبنى ، و ثانيها منع تسرب الرطوبة إلى العمود نفسه فلا يتآكل بمرور الزمن ، كما استخدمت الأعمدة الأسطوانية المنتفخة، نجد هذا النوع من الأعمدة في أروقة الطابق الأرضي ، و هي بسيطة الشكل ، ترتكز على قواعد دائرية.

- أما العمود المثمن ، له ثمانية أضلاع ، لقد صنع منه عدّة أنواع ، العمود الدائري المضلع و الحلزوني المضلّع ، هذا النوع من أشهر مميزات العناصر المعمارية ، كل هذه الأنواع من العمود المضلع استعملت في الأروقة ، و في الطابق الأرضي.

- أما العمود الحلزوني استعمل بكثرة في العهد العثماني ، و لقد استعملت في القصر في أروقة الطابق الأرضي.

- من الخواص الفيزيائية لمادة الرخام ، فالأعمدة بإمكانها تحمّل الضغط.

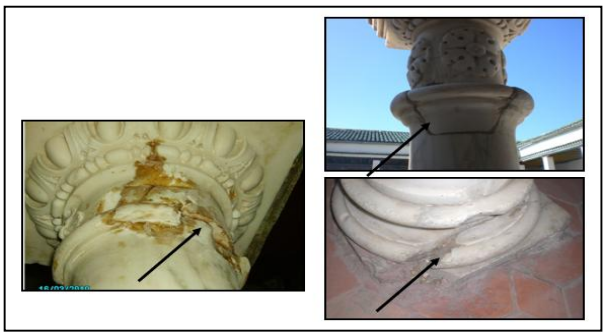
- تساعد كذلك على التقليل من تخلخل أساس المبنى التحتي.

- كما أن للأعمدة الرخامية خاصية جمالية ، تبرز من خلال التيجان المتنوعة و المختلفة الزخرفة من هندسية ، نباتية ، والرمزية.[6]

4- أهم مظاهر تلف الأعمدة الرخامية

4-1 الكسور و الشروخ

و يمكن ملاحظتها بالعين المجردة و تتمثل في انفصال الرخام إلى اثنين أو عدة أجزاء ، يكون هذا الانفصال كليا كما يمكن أن يكون جزئيا و يختلف سمك الكسر و عمقه من عمود إلى آخر. [7](الصور رقم 01)



الصور رقم 01: كسور و شروخ مختلفة بالأعمدة الرخامية لقصر احمد باي بقسنطينة

4-2 الانفصام clivage

و هي انكسار الرخام وفق مواضع الضعف و وفق تركيبات محدّدة و كمثال يمكن أن ينكسر العمود مثلا إلى عدة مستويات حسب سطوح الانفصام (الضعيف) [8] . (

الصور رقم 02).مختلف أشكال الانفصام للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

3-4 التشقق أو التصدّع Eclatement

و هي ضياع محلي للمادة في سطح الرخام نتيجة ضغوطات و الاجهادات الداخلية و يظهر عادة على شكل كسور. [9] (الصور رقم 03).

الصور رقم 03 : أشكال التشققات و التصدّع بالأعمدة الرخامية لقصر احمد باي بقسنطينة

4-4 الانفصال

و هي انفصال حسب اتجاه موجود مسبقا ، و يؤدي إلى تفكّك بعض طبقات الصفائح و يؤثر خاصة على أنواع الصخور المتحولة كالرخام ، و ينتج بفعل عوامل التقلبات الجوية و مدّة التعرّض للحرارة و البرودة[10].

الصور رقم 04 : أشكال الانفصال للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

5-4 التشظي Fragmentation

التشظي عبارة عن كسور جزئية أو كاملة للعمود إلى أجزاء مختلفة الأحجام و غير منتظمة الأشكال و الأبعاد، و يمكن أن يكون شاملا للعمود في بعض الأحيان بكسور غير مستمرّة ، و تظهر بجلاء واضح في الأعمدة التي تحمل ثقل زائد. [11]

الصور رقم 05 : أشكال التشظي للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

6-4 التقشر Pelage

و هو انفصال جزئي أو كلي لطبقة رقيقة (ذات سمك أقل من جزء ميليمتري أو ميليمتري) على شكل غشاء أو تلبيس ملتصق بالعمود.[12]

الصور رقم 06 : أشكال التقشر للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

7-4 التجوّف Alvéolisotion

وهي التشكيلات على سطح الأعمدة تتمثل في فجوات متعدّدة الأشكال والأحجام (تقاس بالسنتيمتر و أحيانا بالميليمتر) ، و قد يكون هذا التغير (مظهر التلف) مرتبط بعدّة مظاهر أخرى كالنتوء.[13]

الصور رقم 07 : أشكال تجاويف بأبعاد و أحجام مختلفة للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

8-4 الثقوب و النقور

و هي ثغور و خروقات بسيطة أو متعدّدة ذات حجم ميليمتري أو سنتيمتري يمكن أن ينسب للحيوانات ، الحشرات ، أو باستعمال أدوات حادة من طرف الإنسان أكثر عمقا و اتساعا[14]. اما بالنسبة للنقور فهي عبارة عن فجوات صغيرة ذات أبعاد مليمترية أو أجزاء المليمتر قليلة العمق ، و عادة تكون هذه النقور مخروطية أو أسطوانية و غير متصلة ، و قد تكون أصلها ميكروبيولوجي أو كيميائي و خاصة في الرخام[15]، قد ينتج أحيانا عن عملية التنظيف العنيف أو غير الملائم.

الصور رقم 08 : أشكال ثقوب و نقور بأبعاد مختلفة للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

4-9 التغير اللوني Altération chromatique

و هو كل التغيرات في لون الرخام يمكن أن يكون على سطح الرخام أو في العمق و يخضع إلى ثلاثة مقاييس اللون ، الشدّة ، التشبّع و من أنواعه :

- التلوّن أو فقدان الألوان : أخذ ألوان جديدة نتيجة كأن يكون الرخام أبيض و يصبح بني أو يفقد لونه كأن تبهة ألوانه الأصلية (الصور رقم 09) [16]

- التبقع : و هي عبارة عن تلطخات تشوه أعمدة الرخام بعدّة ألوان و قد يكون مصدرها طبيعي و كذا اصطناعي و لعل من أبرزها بقع لصدا الحديد كما لاحظنا البقع السوداء لكننا نجهل مصدرها. (الصور رقم 10). [17]

الصور رقم 09 : مختلف تغيرات الألوان على الأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

الصور رقم 10 : التبقع و تغير الألوان عن طريق صدأ الحديد أو بمختلف الألوان الاصطناعية على الأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

4-10 التزهرات Efflorescence

و هي عبارة عن شبكة خيطية تظهر تدريجيا على السطح ، نتيجة تفاعل المادة مع الماء. (الصور رقم 11).

الصور رقم 11 : أشكال التزهرات على الأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

4-11 التأثرات الجانبية لعمليات الترميم

و تكون باستعمال مواد ذات تأثير سلبي مع مرور الوقت على الأعمدة الرخامية باختلاف أنواع المواد ، من اسمنت ، رصاص ، الجير ، المسامير، الحديد ، الصباغة ، الغراء .....الخ. (الصور رقم 12).

الصور رقم 12 : بعض التأثرات الجانبية لعمليات الترميم للأعمدة الرخامية بقصر احمد باي بقسنطينة

5- الطرق المقترحة لصيانة أعمدة رخام القصر

و قد مكنتنا الدراسة التجريبية باستعمال تقنيات التحليل المختلفة و مقارنتها مع المعطيات المتاحة من الوصول إلى اقتراح الطرق الآتية :

5-1 تنظيف الرخام

من أهم مشاكل الأعمدة الرخامية بالقصر ، ظاهرة الأوساخ على شكل غبار و عوالق تكون على السطح و سرعان ما تنفذ داخل المسام إلى بعض الأعماق فتشوه من مظهرها الرائق الصافي الجميل و عليه و لإزالتها يجب استعمال مادة سبيبوليت و التي أكيد تتم بعد التنظيف اليدوي الجاف باستعمال اسفنجة أو قماش أو حتى فرشاة أما الأوساخ الخفيفة غير النافذة فيمكن إزالتها باستعمال مادة أخرى بولي اثيلان تخلط مع الماء بنسبة 1 إلى 10 % أو أكثر حسب الحالة (الأملاح القابلة للذوبان في الماء) ، فيما يخص الأوساخ السطحية من فعل التراب داخل القصر فيمكن تنظيفها بالغسيل باستعمال بعض المواد الكيميائية على النحو التالي:

- صابون ، ماء مقطر ، هيدروكسيد الأمنيوم.
- كحول ، ايثير(للجفاف السريع).
- أسيتون ، أميل أسيتات ، ترياستين (للجفاف البطيء).
- و منها اللدائن الصناعية المتماسكة مع سطح الأعمدة الرخامية كالغراء الحيواني.

تشكل هذه الأخيرة طبقة ناتجة من الداخل إلى الخارج نتيجة تشرب أكثر من المطلوب من محلول خلات الفينيل المركز أو الأيبوكسي رزين ، و في هذه الحالة و هي مادة سريعة الإذابة و التطاير في وقت واحد ، تركيبها الكيميائي يعطيها خاصية تفاعل أكثر من شبيهاتها حيث أن تكوينها هو كلور مع اثيلين فيعطي ثلاثي كلور اثيلين. ولاستعمال هذه المادة تخلط مع الأسيتون و الكلورفورم نسب متساوية ، فتستعمل كمذيب على هيئة كمادات مع القطن الطبي ، توضع على السطح المصاب و تغطى بقطعة من البولي اثيلين و تضغط لمدة 24 ساعة حيث تتم عملية الإذابة للمادة فتعلق بالقطن الطبي ، و تتكرّر هذه العملية حتى يتم تنظيف السطح ، يمكننا استعمال مادة الأسيتون بدل الكلوروفورم. عند استعمال المواد الكيميائية يجب احترام الاعتدال و التخفيف و قاعدية المواد المستعملة.

لتنظيف و نزع البقع من الأعمدة نستعمل سيكلور والماء الدافئ ، و به نحك البقع بواسطة اسفنجة مغمورة في هذا المحلول ، و تترك لتجف مدة ساعتين حتى ثلاثة ، فنغسل بالماء ، و تكرر العملية للحصول على نتيجة مقنعة حتى تصبح المادة جافة تماما ، ثم نستخدم فوق الشمع الأبيض المنحل في خلاصة "ترينتين Térébenthine" و بعد التجفيف نلمع بقماش من الصوف.

- في حال تنظيف و محو بقع الألوان باستعمال مادة كلورامين ، محلول 2٪ ، الذي يسمح بنزع بقع الحبر الأحمر ، الأزرق ، الأسود منها المفتعل من المواد العضوية مثل الخشب ، و لكنه يترك رواسب مصفرة يمكن محوها بما يلي : ماء مؤكسد 20 درجة م ، و قطرة واحدة من محلول النشادر (الأمونياك) بالتنظيف العميق.

- توضعات الطحالب و الحزاز (الأشنات) يمكن نزعها بطريقتين : الأولى بواسطة الأمونياك المخفف ، و في حال اتسع تطور الطحالب يمكن نزعها برشّ فرمول (مطهّر قوي) و هو علاج يسهل فصله لاحقا ، الثانية بواسطة إشباع الفرشاة بالفرمول بـــ 10٪ أي أن تنظيف التلف يكون بفرشاة مبلّلة للسطح المعالج و ذات ريشة من النايلون.

- لتنظيف الأعمدة الرخامية من الألوان الزيتية المختلفة ، نستعمل قطرة كبيرة من الألوان الزيتية الصلبة ، إذ يجب أن نحكّها بانتباه دون إفساد الحجارة.

- كما يمكننا معالجة الرواسب المتوقعة بواسطة محلول ملائم مثل المورفولين و البيريدين أو مزج بمقدار متساوي للبترين (بترول) محلول النشادر (0.88 %) و كحول للحرق ، و يكون تطبيقنا لهذه السوائل ببطء بواسطة فرشاة ، نمسح بالقطن ، بعدها نغسل بلياقة بالماء.

- و يمكن أيضا التنظيف بالطرق الحرارية لنزع القشرة السوداء.

2-5 تثبيت و تدعيم الأعمدة الرخامية

نظرا لاختلاف تلف الأعمدة الرخامية و كثرتها ، منها ما يستلزم التدعيم و التقوية أيضا التثبيت ، و غيرها. نجد بعض الأعمدة التي توجب الوصل أو اللصق باعتبار أنهما عملية تنجز باهتمام و انتباه كبيرين ، منه اختيار التقنيات و المواد يعتمد على أهمية العمل ، ففي الغالب اللّصق يكون بعد التنظيف كما أنه يعد تدعيم ، و تقوم هذه العملية باستعمال راتنجات لدنة بالحرارة و هذا فيما يخص الأجزاء الصغيرة و الوصلات الأفقية.

- أيضا يمكننا استعمال المستحلبات مثل" بريمال Primal Ac33 " نظرا لميزتها المهمة و هي عدم طلق غازات سامة ، كما أنها مادة تحد من امتصاص الماء ، من بين المحاليل المستعملة كذلك " برالويد Paraloid B72 " ، يستعمل للوصل و الربط و التثبيت.

- بعدها تأتي عملية سدّ الثغرات ، و ذلك للحصول على السطح الحقيقي للأعمدة الرخامية ، و ذلك باستعمال المواد العضوية اللزجة التي من شأنها سدّ الانكسارات الصغيرة ، ما بين (0.1 إلى 0.2 ملم) و هنا نستعمل معجون المرمر المناسب من (الكلس ، راتنج أكريليك ، غبرة الرخام ، كمية صغيرة من الماء) تثبت بقوة قدر المستطاع ، كما يمكن تدعيم التشققات بـــ " B72 " بواسطة القطن نمسح في كل مرة السطح ، بعد توغّل السائل لتجنب الأوساخ و التشوهات المحتملة.

- استعمال رائب الكلس ، كما يمكن تدعيم الأعمدة الرخامية عن طريق الإشباع بالشمع للرخام المحبب.

- كما يمكننا تغيير نوع المواد الرابطة للأجزاء المتفككة من الأعمدة بدل القضبان الحديدية مثلا نستعمل قضبان من البلاستيك القوي أو من الألياف الزجاجية أو القيام بترميمات أحسن كوصل أو لصق الأجزاء.

- الابتعاد عن عمليات التدعيم للأعمدة باستعمال الاسمنت ذو التأثير السلبي على المادة و كذا الجانب الجمالي.

6- الخاتمة :

اثر هذه الدراسة يمكن القول أن الأعمدة الرخامية في قصر أحمد باي أبرزت و أحصت أغلب العوامل و المظاهر التي يمكنها أن تجتاح الرخام الأبيض خاصة و الملون عامة، مما يجعل من التدابير المقترحة لحفظ و صيانة الأعمدة الرخامية

متعددة الطرق و المناهج العلمية التطبيقية لضمان الوقاية المستمرة من خلال مظاهر التلف التي استقيناها سابقا ، و عليه يمكن تقديم جملة من الاقتراحات للحد من هذه الظاهرة :

- الإعداد النظري الجيد لشتى المعلومات المختلفة لمادة الرخام و الاعتماد على التشخيص كعملية أولية أساسية في تعيين نوعها من خلال التراكيب الكيميائية و الفلزية.

- إعداد البطاقات التقنية اللاّزمة المستوفية حق الدراسة المطلوبة (طبيعة المادة و مصدرها ، تقنية الصنع ، تحديد عوامل التلف و مظاهره).

- معاينة الدورية للمحيط الخاص بمكان تواجد الأعمدة الرخامية داخل القصر (الحرارة ، الضوء ، الرطوبة ...الخ).

- توفير أدنى شروط الصيانة (التنظيف اليدوي).

الهوامش و المراجع :

[1] Feraud (M.CH) : visite au palais de Constantine , Paris , 1877, P : 230.

[2] أبو العيد دودو : قسنطينة أيام أحمد باي ، الجزائر ، 2007 ، ص 75.

[3] رشيد بوروبية،سلسلة فن و ثقافة -قسنطينة ، الجزائر ،1978،ص 141-143.

[4] مصدر شفوي ، مدير القصر (أحمد باي) ، بوقرزي عبد السلام ، 2010 .

★السرّية : الزوجة.

[5] مجلة الآثار :تعنى بنشر الدراسات و الأبحاث في الآثار و التراث،معهد الآثار،جامعة الجزائر،العدد 08-2009 ص212،213.

[6] مجلة الآثار :تعنى بنشر الدراسات و الأبحاث في الآثار و التراث،معهد الآثار،جامعة الجزائر،العدد 08-2009 ص،212..

[7] عيساوي بوعكاز – طرق و صيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة كويكول- حالة الحجارة الكلسية- ماجستير، معهد الاثار، 2009 ، ص 91.

[8] .Schumann Walter- Guide des pierres et minéraux, traduction Delachaux et Niestlé, Paris, 1989, p 28

[9] . ICOMOS –ISCS- Illustrated glossary on stone deterioration patterns.Champigny/Marne . France .Septembre 2008. P .18

[10] . Giorgio Torraca , matériaux de construction poreux, Iccrom, Rome,1986,P 25-26.

[11] . Bromb LET , le dessalement des matériaux poreux , Poitiers ,1996, P 59.

[12] Marc Ma Million, Pathologie et restauration des construction en pierre, Rome ,1970, P 99.

[13] Herro J. I , Altérations des calcaires et des grés utilisés dans la construction , Paris ,1968 ,p 26

[14] Tablore J A , la mécanique des roches et ses apllications , 3eme , Paris 1967 , P 38.

[15] Vasco Fassina, pollution atmosphérique et altération de la pierre, Venise ,1988, P91.

[16] . Bruno A , protection et mise en valeur de la colonne de Marc Aurel, in muséum , suisse , 1987 , P 115.

[17] . Caneva G et Salvadori O, Altération Biologique de la pierre , In , la degradation et la conservation de la pierre, 1996, P 143