

تاريخ القبول: 2026/05/14

تاريخ الإرسال: 2025/11/19

تاريخ النشر: 2026/05/23

دراسة تشخيصية لمظاهر تلف الأجزاء الرخامية بقصر الباي بوهران:
تحليل الأسباب (مظاهر التلف) والآفاق العلاجية.

A Diagnostic Study of the Deterioration Patterns of the Marble Components in the Bey's Palace in Oran: Analysis of the Causes (Manifestations of Deterioration) and Treatment Prospects.

جواد خالدي¹، نبيلة رزقي²¹ djewed.khaldi@univ-tlemcen.dz، (الجزائر)، مخبر التراث وتثمينه جامعة تلمسان² nabila.rezki@univ-tlemcen.dz، (الجزائر)، مخبر التراث وتثمينه جامعة تلمسان

الملخص:

عالجت هذه الورقة البحثية مظاهر تلف العناصر الرخامية بقصر الباي محمد الكبير كأحد أبرز المعالم بمدينة وهران، الجزائر. اعتمدت الدراسة الملاحظة الميدانية والتحليل الدقيق لمظاهر التلف والاستعانة بالمراجع المتخصصة لمعرفة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرخام وكيفية تفاعلها مع العوامل البيئية. حيث يتضح تفاعل معقد لعوامل مختلفة: الرطوبة، التلوث الجوي، التذبذب في درجة الحرارة، والنشاط البشري اللاواعي. تم تحديد أربعة عوامل رئيسية للتدهور: العامل الميكانيكي، الكيميائي، البيولوجي، والبشري؛ واقترحنا تدخلات علاجية ووقائية، أبرزها: التنظيف الممنهج، التدعيم بمواد مناسبة والتحكم بالمناخ داخل القصر،

فنجاح ترميم العناصر الرخامية مرهون بدمج البحث العلمي مع المراقبة البيئية طويلة المدى واستخدام التقنيات الحديثة في الصيانة.

الكلمات المفتاحية: قصر الباي؛ مظاهر التلف؛ الرخام الأثري؛ الحفظ الوقائي؛ صيانة التراث.

Abstract:

This research paper examines the deterioration of the marble elements at the Bey's Palace in Oran, Algeria. Through field observation and analysis, supplemented by specialized references, it identified a complex interaction between various factors: humidity, air pollution, temperature fluctuations, and human activity. Four main deteriorating factors were identified: mechanical, chemical, biological, and human. The study proposes therapeutic and preventive interventions, including systematic cleaning, consolidation with appropriate materials, and climate control within the palace. The success of restoring the marble elements depends on integrating scientific research with long-term environmental monitoring and the use of modern techniques in maintenance.

Keywords: Bey's Palace; Manifestations of Deterioration; Historic Marble, Preventive Conservation, Heritage Maintenance.

المؤلف المرسل: جواد خالدي، الإيميل: djewed.khaldi@univ-tlemcen.dz

1. مقدمة:

يعتبر قصر الباي محمد الكبير بوهان أحد أبرز المعالم التاريخية والمعمارية، لما يحمله من قيمة فنية حضارية تمثلت في تداخل التأثيرات العثمانية

المغربية والمتوسطة، يمثل الرخام المستخدم في تشكيل عناصره المعمارية مادة أساسية في إبراز فخامته الجمالية، غير أن هذا الرخام وبمرور الزمن تعرض للتدهور نتيجة العوامل البيئية والبشرية. سعينا في هذه الدراسة إلى تشخيص مظاهر تلف الرخام بالقصر وتحليل أسبابها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، مع استقراء العلاقة بين خصائص المادة والعوامل المؤثرة فيها. كما حاولنا اقتراح حلول علاجية ووقائية تضمن الحفاظ على أصالة المادة واستدامتها وفق المعايير الدولية، تم اعتماد منهجية علمية قائمة على الملاحظة الميدانية الدقيقة، والتحليل البتروغرافي (بنية وتركيب الرخام) استنادا على الدراسات الحديثة، وكذا صون المواد الحجرية وفق المعايير الدولية.

2. الإطار الجغرافي والتاريخي:

1.2 الموقع الجغرافي للقصر:

يقع قصر الباي محمد الكبير في الواجهة البحرية لمدينة وهران على ارتفاع يبلغ 68م فوق سطح البحر (الإحداثيات الجغرافية التالية: $21,94'42''35$ شمالا و $0'38'52,60$ غربا).¹ (الخريطة 01)

الخريطة رقم 01: العلامة الزرقاء تبين موقع قصر الباي في وهران:

المصدر : <https://earth.google.com>

يتربع المعلم على مساحة تقدر بـ: 5545027م²، في حي سيدي الهواري العريق، يحده شمالا الميناء عبر منحدر حديقة ابن باديس، (Rampe Valèse) سابقا، ومن الجنوب ساحة وهران المركزية - ساحة 1 نوفمبر (Place D'arme) سابقا، أما من الجهة الشرقية كل من منحدر فاليز (Valèse) وواد الروينة (Oued Er Ruina)، ومن الجهة الغربية فيجاوره حي باسترانا (حي مفتاح قويدر).² (المخطط 01)

المخطط رقم 01: من أرشيف الديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية

المحمية - فرع وهران:³



المصدر: بتصرف الطالب.

2.2 نبذة تاريخية عن قصر الباي محمد الكبير:

1.2.2. التأسيس:

شُيّد هذا المجمع المعماري على مراحل وأزمنة مختلفة، بداية من العصر الوسيط حيث أسس تجار مملكة البندقية نواتها الأولى، واتخذوها مركزا للنشاط التجاري مع الموانئ الساحلية للمغرب الكبير، وقيل أنه صمم من طرف مهندس مالطي بأمر من القديس جون (San Jon) ملك بيت المقدس خلال الحروب الصليبية، بهدف اتخاذه مركزا للنشاط البحري الصليبي، ليقوم المرينيون من بعدهم بوضع تحصيناته المستقلة بالأخص بناء الأبراج، وقد وصف أحد الشعراء البرج الأحمر قبل أن يأخذ اسم روزالكازار في قوله: "برج الأحمر هو اجتماع كل ما يمكن للفن أن ينتج بروعة". وهناك من يرجع تاريخ بناء القلعة لسنة 1347م من طرف السلطان أبو الحسن المريني، ويمكن القول إن أول بناية للقلعة هي في الأصل ثلاثة أبراج متصلة بجدران قد أعيد تشكيلها وإعطائها مخطط أثناء السيطرة الإسبانية الأولى من خلال مخطط تحصين مدينة وهران 920هـ/ 1514م. ولما حرر الباي محمد الكبير مدينة وهران للمرة الأخيرة عام 1206هـ/ 1791م اتخذها هو ومن جاء من بعده من البايات مقرا لحكمهم، وكان آنذاك يتكون من قسمين أساسيين أحدهما لسكن الداي والآخر للحكم والإدارة.⁴

وقد خُلد هذا الفتح في لوح رخامي على المدخل الرئيسي للقصر جاء نصه كالتالي: "الحمد لله وحده، فتحت وهران وأعادها الله للمسلمين وأخرج الكفار منها أذلة صاغرين فاستعادها السلطان الأعظم الأفخم السيد سليم نصره الله في دولة المعظم الأرفع والهامم الأنفع السيد حسن باشا أيده الله محيي الجهاد، وقامع أهل البغي

والفساد السيد محمد باي بن عثمان باي وفقه الله بتاريخ يوم الاثنين الرابع من رجب

سنة 1206 هجري" (الصورة 01)

الصورة رقم 01: النص التخليدي لفتح وهران عام 1206 هجري منقوش على

لوح من الرخام بالمدخل الرئيسي:⁵



تصوير الطالب.

المصدر: من

3. تشخيص المادة الرخامية:

1.3. الرخام في العمارة العثمانية بالجزائر:

شكّل الرخام في العمارة العثمانية بالجزائر ولا سيما وهران عنصراً جوهرياً في بناء القصور وتجسيد الفخامة والرمزية الجمالية، فقد استخدم الرخام المحلي المستخرج من منطقتي سكيكدة وشرشال بالجزائر، إلى جانب الرخام المستورد من منطقة كرازا الإيطالية، في تزيين الأعمدة والأرضيات والنوافير، يعكس هذا التنوع المادي والتقني تمازجاً بين الأصالة المحلية والتأثيرات المتوسطية، ويعبر عن تطور فنون الزخرفة والبناء خلال الحقبة العثمانية.⁶

تُظهر الدراسة التي أجريت عام (2024) عن استخدام الرخام الأبيض في القصور العثمانية نتائج علمية دقيقة تسهم في فهم خصائص المادة ومصادرها. تم تحليل 15 عينة من عناصر زخرفية متنوعة، تعود إلى فترة المراسلات الإدارية بين الجزائر وشرشال في القرن 17م.

أظهرت التحاليل البتروغرافية تكويناً حبيبيّاً متماسكاً مع وجود بلورات كالسيت نقيّة، مصحوبة أحياناً بمعادن ثانوية مثل الموسكوفيت والسانيدين، أما التحاليل

النظرية والجيوكيميائية فقد أثبتت أن أغلب العينات تعود إلى كرار، في حين أن بعضها من مصدر محلي بمنطقة فلفلة (Filfila)، يتميز الرخام المستورد بلون أبيض ناصع وقابلية عالية للصقل، مقابل نماذج محلية أقل لمعاناً نتيجة لوجود الشوائب.

استُخدم هذا الرخام في الأعمدة، النوافذ، النوافير، ودرج السلالم، مما يعكس تمازجاً فنياً بين الفخامة الأوروبية والمهارة المحلية. كما أظهرت الدراسة اهتمام البَنّائين العثمانيين بإعادة توظيف المواد القديمة، في انسجامٍ مع مبادئ الاقتصاد المعماري والجمال المستدام.⁷

تمكن دراسة خصائص الرخام من فهم بنيته الفيزيائية والكيميائية وتسهم في توثيق ممارسات الصناعة الحجرية في التراث المعماري العثماني في الجزائر عامة. واستناداً للمرجع السابق:

The Ornamental white marble use and reuse at the Ottoman palaces of Algiers' Regency: New knowledge to a provenance study.

نقوم بتقديم جدول ورسم بياني يوضح خصائص الرخام الأبيض العثماني

في الجزائر كما وردت في الدراسة:⁸ (الجدول 01 والرسم البياني 01)

الجدول 01: الخصائص الجيوكيميائية والنظرية الدقيقة للرخام العثماني في

الجزائر من خلال الدراسة المخبرية للعينات المدروسة سابقاً:

نوع العينة	$\delta^{13}\text{C}$ (%VPDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (%VPDB)	المنشأ الجيولوجي	التركيب المعدني	ملاحظات
CI07	+2.4	-3.1	كرار (إيطاليا)	كالسيت نقي + آثار موسكوفيت	نسيج بلوري دقيقة متجانس

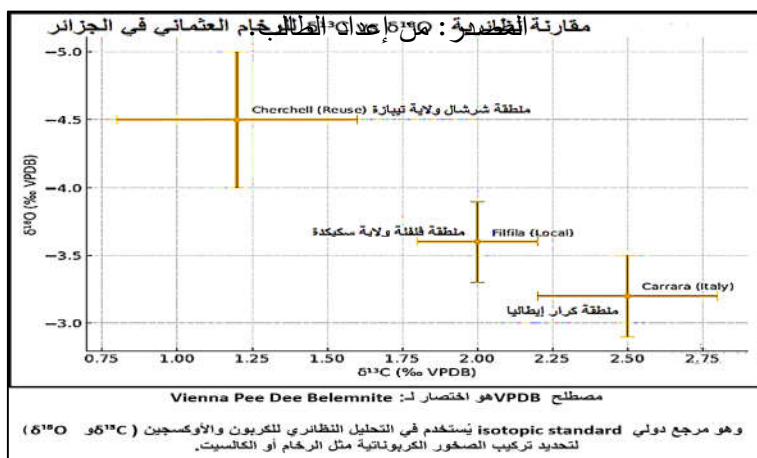
رخام أبيض ناصع، مصقول جداً	كالسيت + سانيدين نادر	كارار	-2.9	+2.7	P05
عينة معاد استخدامها من بقايا رومانية	كالسيت + شوائب دولوميتية طفيفة	شرشال Caesarea	-4.5	+1.2	CH01
احتمال إنتاج محلي محدود في القرن 18م	كالسيت نقي تقريباً	محلي (فليفة - سكيكدة)	-3.6	+2.0	AL03
مطابق لقيم كارار المرجعية	كالسيت + ميكا دقيقة	كارار	-3.0	+2.8	CI11
دلائل قوية على مصدر إيطالي رئيسي	كالسيت نقي (98% <)	—	-3.2 ± 0.3	+2.5 ± 0.3	مقالع كارار

المصدر: من إعداد الطالب.

رسم بياني رقم 01: يُظهر الرسم المقارنة النظرية بين الرخام كارار (الإيطالي)

وفليفة (المحلي) ورخام شرشال المعاد استخدامه كما وردت في الدراسة العلمية

المنشورة سنة 2024:



نستنتج مما سبق (الجدول والرسم البياني) أن معظم العينات الرخامية تقع ضمن نطاق رخام كرارا الإيطالي، ما يؤكد اعتماد القصور العثمانية في الجزائر على مواد مستوردة عالية النقاء، في المقابل أظهرت العينات المعاد استخدامها من شرشال قيماً أدنى، نتيجة لتأثرها بعوامل التجوية القديمة. أما التحليل البتروغرافي بالمجهر الضوئي، فقد كشف عن تراكيب دقيقة ومتجانسة ذات نسيج حبيبي متماسك. وأكد التحليل الكيميائي بتقنيتي (XRF و ICP-MS) انخفاض نسب الحديد ($>0.15\%$) والمنغنيز ($>0.05\%$) في العينات الإيطالية، مقارنة مع العينات المحلية التي نجد فيها ارتفاع شوائب السيليكا (Si) والمغنيسيوم (Mg)، مما يعكس تباين مصادرها الجيولوجية.⁰⁹

ومن هنا يمكن الكشف عن الخصائص الفيزيائية للرخام وهي كالتالي:

- اللون: أبيض مزرق أو أبيض ناصع، النوع الإيطالي.
- المسامية: منخفضة أو متوسطة حسب العينات والشوائب الموجودة بها.
- التماسك: جيد في الأحجام الكبيرة، لكن بعض العينات تظهر شوائب معدنية Mineral inclusions يؤثر على اللمعان أو الصقل.

- القابلية للنقل: عالية عند العينات الإيطالية (Carrara)؛ أقل قليلاً في العينات المعاد استخدامها أو المحلية بسبب التآكل أو الشوائب. (هذه التفاصيل مستخلصة من الصور الميكروسكوبية في الدراسة).

2.3 طرق الكشف والتشخيص:

يعد الرخام من بين أهم المواد المستخدمة في العمارة والنحت الزخرفي، نظراً لما يمتاز به من متانة فيزيائية وجمالية بصرية عالية، غير أن هذه المادة رغم صلابتها الظاهرية فإنها تتأثر مع مرور الزمن بمجموعة من العوامل الفيزيائية، الكيميائية، البيولوجية والبشرية التي تحدث فيها مظاهر تلف متعددة، تساهم في تدهور بنيتها البلورية وفقدان خصائصها الأصلية.

تتبع أهمية دراسة مظاهر التلف كونها المرحلة الأولى والأساسية في أي مشروع صيانة علمية أو عملية ترميم، إذ تمكن الباحث من فهم طبيعة التدهور وتحديد العلاقة بين الأسباب والمظاهر، مما يسمح باقتراح تدخلات علاجية متوافقة مع المادة الأصلية وغير المضرة بها على المدى الطويل.¹⁰

4. تحليل مظاهر التلف وآلياتها:

تبين الدراسات الحديثة (Wheeler, 2015 ; Kemp, 2015 ; Price, 1996)، أن تلف الرخام لا يحدث بشكل منفصل، بل غالباً ما يكون نتيجة تفاعل مركب بين عوامل متعددة تشمل التلوث الجوي، الرطوبة، التغيرات المناخية، والتدخلات البشرية الخاطئة.¹¹

يعتمد هذا الجزء من الدراسة على التحليل الميداني البصري والتوثيق الفوتوغرافي للرخام بهدف تصنيف مظاهر التلف وفق طبيعتها وآلية حدوثها، وهي:

أ. **التلف الميكانيكي** (Mechanical deterioration): ويشمل مظاهر الإجهاد الفيزيائي كالتشققات، التآكل، التقشر، والانفصال الطبقي الناتج عن التغيرات المناخية أو الضغوط الميكانيكية.

ب. **التلف الكيميائي** (Chemical deterioration): ويتمثل في التفاعلات الكيميائية التي تصيب الرخام، كالتغيرات اللونية، القشور السوداء، أو ترسيب الأملاح داخل المسام.

ت. **التلف البيولوجي** (Biological deterioration): الناتج عن تأثير الكائنات الحية الدقيقة كالطحالب والفطريات التي تنمو في البيئات الرطبة والمظلمة.

ث. **العوامل البشرية** (Human factors): تشمل كل أشكال التدهور الناتجة عن تدخل الإنسان سواء بفعل الإهمال، أو استخدام مواد تنظيف وترميم غير متجانسة مع طبيعة المادة الأصلية.

إن هذا التقسيم العلمي يعد إطاراً منهجياً ضرورياً لفهم العلاقات السببية بين المظهر الملاحظ والعامل المؤثر، ويتيح الانتقال إلى تحليل تفصيلي لكل نوع من أنواع التلف مع اقتراح الحلول المناسبة في ضوء مبادئ الحفظ الوقائي والمعايير الدولية لصون المواد الحجرية.¹²

1.4. **التلف الميكانيكي** (Mechanical deterioration):¹³

1.1.4. **الملاحظات الميدانية:**

- **تشققات دقيقة** (Microcracks): تنتزع على سطح الرخام بشكل شبكي دقيقاً (Hairline cracks)، ويشير هذا إلى إجهادات داخلية متكررة نتيجة التمدد والانكماش بفعل الحرارة والرطوبة. (الصورة 02)

الصورة رقم 02: توضح وجود شقوق دقيقة بتاج العمود وإطار النافذة

الرخامي:



المصدر: من تصوير الطالب.

- **تقشر سطحي (Flaking)** وانفصال الطبقات الرخامية: بصفتها الرقيقة والكبيرة كوحدة أو أجزاء، خاصة في القواعد والتيجان. (الصورة 03)

الصورة رقم 03: توضح انفصال طبقات الرخام:



المصدر: من تصوير الطالب.

- **تحلل حبيبي (Granular Disintegration)**: وهو تفتت بنية البلورات الدقيقة وفقدان التجانس السطحي، مما يؤدي إلى خشونة الملمس وبهتان البريق الطبيعي. (الصورة 04)

الصورة رقم 04: توضح التحلل الحبيبي بعض المعالم الرخامية:



المصدر: من تصوير الطالب.

- تآكل ميكانيكي (Surface abrasion): في بعض حواف والزوايا نتيجة الاحتكاكات أو التنظيف غير الملائم. (الصورة 05)

الصورة رقم 05: تظهر التآكل الميكانيكي والانفصال:



المصدر: من تصوير الطالب.

2.1.4. العوامل المتلفة:¹⁴

- التغيرات الحرارية اليومية والموسمية (Thermal cycling).
- تسرب المياه المالحة وصعود الرطوبة من الأرضية.
- الاهتزازات والضغوطات الميكانيكية الناتجة عن الزلازل أو الاستخدام البشري.

- عمليات التنظيف أو الترميم الخاطئ استخدمت من خلاله أدوات حادة ومواد كاشطة.

3.1.4. التدخلات العلاجية المقترحة:

- إزالة الأملاح بكمادات مائية متكررة (Poultices) بماء مقطر أو طين الكاولين.¹⁵

- تدعيم سطحي باستخدام مواد متوافقة مثل: رباعي إيثوكسي السيليكون وميثيل ثلاثي ميثوكسي سيلان (Silanes) (TEOS / MTMOD أو CaCO_3 لتثبيت البنية المتفككة.¹⁶

- مراقبة التشققات بشكل دوري عبر الفحص البصري والتصوير المجهرى (Microscopic monitoring).¹⁷

- تحسين الظروف البيئة المحيطة بتقليل الرطوبة والاهتزازات.¹⁸

2.4. التلف الكيميائي (Chemical deterioration):¹⁹

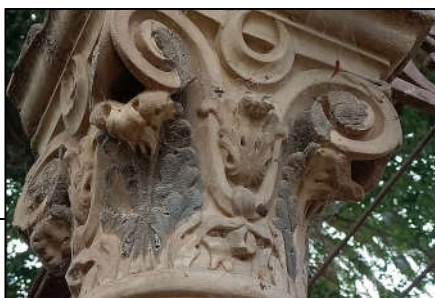
1.2.4. الملاحظات الميدانية:

من خلال الملاحظات البصرية الدقيقة ميدانيا، أمكننا من تحديد أبرز مظاهر

التلف الكيميائي كما يلي:

- قشور سوداء (Black crusts) تظهر بشكل واضح في المعالم الرخامية، وهي ناتجة عن ترسيب الجسيمات الكربونية الممزوجة بكبريتات الكالسيوم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). (الصورة 06)

الصورة رقم 06: تبين ترسيبات سوداء على شكل قشور:



المصدر: من تصوير الطالب.

- ترسيبات ملحية بيضاء (Efflorescence / Subflorescence) رصدت ميدانياً، تشير إلى تسرب مياه محملة بالأملاح أدت إلى تبلور كبريتات وكلوريدات على السطح وداخل المسام. (الصورة 07)

الصورة رقم 07: تبين الترسيبات الملحية البيضاء:



المصدر: من تصوير الطالب.

- تغير لوني (Discoloration) يظهر في الإصفرار والتبقعات الرمادية أو البنية في بعض الأجزاء، تعود إلى تفاعلات أكسدة أو تراكم ملوثات عضوية. (الصورة 08)

الصورة رقم 08: اصفرار إطار النافذة والعمود بالتاج والرمادي مع البني في

العمود بالقاعدة في الوسط:



المصدر: من تصوير الطالب.

- بقع صدأ (Rust stains) ظهرت في بعض الأجزاء، وهي ناتجة عن أكسدة شوائب معدنية مثل البيريت (FeS_2) داخل الرخام بفعل الرطوبة. (الصورة 09)

الصورة رقم 09: تبين بقع الصدأ على العمود يمين المدخل:



المصدر: من تصوير الطالب.

2.2.4. العوامل المتلفة:

- التلوث الجوي الحضري: الناتج عن عوادم السيارات والمصانع الغنية بـ ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) (Sulfur Dioxide) وأكاسيد النيتروجين (Nox (Nitrogen Oxides)).²⁰

- الأمطار الحامضية: التي تخفض درجة الحموضة (pH) وتزيد من ذوبان كربونات الكالسيوم.²¹

- الرطوبة المالحة: التي تنقل الأملاح عبر المسام وتؤدي إلى التبلور المتكرر.²²
- الأكسدة المعدنية: الناتجة عن شوائب الحديد أو الكبريت المتواجدة في الحجر.²³

3.2.4. التدخلات العلاجية المقترحة:

- تنظيف القشور السوداء بلطف باستخدام رذاذ مائي منخفض الضغط (Nebulized water mist) أو ليزر (Nd:YAG) في المناطق الحساسة.²⁴

- إزالة الأملاح بالكمدات (Poultices) بماء مقطر مكرر، مع مراقبة موضعية لتراجع تركيزها.²⁴

- معالجة البقع الصدئية بكمدات تحتوي على محلول مخلب (EDTA) أو سيترات الأمونيوم بتركيز ضعيف.²⁶

- تحسين بيئة الحفظ بتقليل مصادر التلوث والرطوبة، وضبط التهوية والإضاءة في الأماكن المغلقة.²⁷

3.4. التلف البيولوجي (Biological deterioration):²⁸

1.3.4. الملاحظات الميدانية:

من خلال المعاينة والملاحظة الميدانية للقصر، تم تسجيل عدة مظاهر تشير إلى تأثير التلف البيولوجي من أبرزها:

- بقع داكنة مائلة إلى الاخضرار أو رمادية اللون، خصوصا في الأجزاء التي بها رطوبة عالية. (الصورة 11)

- تصبغات سطحية غير منتظمة تميل للون الأخضر الغامق، تشير إلى نمو طحالب دقيقة أو أشنة. (الصورة 10)

الصورة رقم 10: تبين البقع الداكنة الناتجة عن التلف البيولوجي:



المصدر: من تصوير الطالب.

- الملمس الزجاج أو الحبيبي دقيق في بعض المواضع، وهو دليل على وجود أغشية بكتيرية (Biofilm) متكلسة جزئيا. (الصورة 11)

الصورة رقم 11: تبين وجود أغشية بكتيرية متكلسة:



المصدر: من تصوير الطالب.

- تفكك سطحي خفيف ناتج عن تحلل عضوي أو إنتاج أحماض عضوية بواسطة الكائنات الدقيقة. (صورة 12)

الصورة رقم 12: يبين تفكك سطحي:



المصدر: من تصوير الطالب.

- انتشار فضلات الطيور، حيث توجد بشكل واضح في الأماكن التي تعيش فيها وبعض الأسقف المنهارة، مشكلة وراءها بقايا بقع مخلفاتها الحامضية على الرخام. (الصورة 13)

الصورة رقم 13: تبين انتشار فضلات الطيور وتبقعات على الأعمدة الرخامية:



المصدر: من تصوير الطالب.

2.3.4. العوامل المتلفة:

- الرطوبة العالية والمستمرة بحكم الموقع في منطقة ساحلية رطبة.²⁹
- قلة التعرض لأشعة الشمس وضعف التهوية.³⁰
- وجود مواد عضوية متراكمة على السطح مثل الغبار أو بقايا النباتات.³¹
- غياب الصيانة الدورية والتنظيف الوقائي.

3.3.4. التدخلات العلاجية المقترحة:

- إزالة التأثيرات البيولوجية ميكانيكياً بلطف باستخدام فرش ناعمة أو تنظيف بالبخار المنخفض الحرارة.³²
- المعالجة الكيميائية الموجهة عبر تطبيق محاليل مضادة للأحياء الدقيقة (Biocides) معتدلة التركيز، مثل أملاح الأمونيوم الرباعية (Quaternary Ammonium Compounds)، مع ضرورة اختبارها قبل التطبيق.³³
- الشطف الكامل بالماء المقطر بعد المعالجة لتفادي بقاء مخلفات كيميائية على السطح.³⁴
- تحسين الظروف البيئية عبر تقليل الرطوبة وتحسين التهوية والإضاءة لمنع إعادة نمو الكائنات.³⁵

4.4. العامل البشري (Human factor):³⁶

1.4.4. الملاحظات الميدانية:

من خلال المعاينة الميدانية، يمكن استخلاص المظهر المتسبب في تلف الرخام في:

عدم نجاعة التدخلات الترميمية الممتدة من الفترة الاستعمارية إلى وقتنا الحاضر والتعامل المباشر مع الأسطح الرخامية، دون مراعاة خواصها الفيزيائية والكيميائية. وفي العديد من الحالات، تحدث هذه التدخلات أضراراً تفوق تلك الناتجة

عن العوامل الطبيعية، نظرا لغياب التخطيط العلمي في عمليات التنظيف أو الترميم أو الصيانة. (الصورة 14)

الصورة رقم 14: توضح سوء التدخل على الأجزاء الرخامية:



المصدر: من تصوير الطالب.

2.4.4. العوامل المتلفة:³⁷

- استخدام مواد ترميم غير متوافقة (اسمنت).
- تنظيف السطح بمواد كيميائية وأدوات كاشطة.
- إهمال الصيانة الدورية الوقائية.
- لمس السطوح الرخامية أو الاحتكاك بينها يحدث الخدوش وترك بقع لمس تميل للسواد.

- غياب الإشراف التقني المتخصص، وأغلب التدخلات كانت جزئية غير موفقة.

3.4.4. التدخلات العلاجية المقترحة:³⁸

- إزالة المواد غير ملائمة كالإسمنت بالأدوات الدقيقة والمذيبات.
- إعادة ملء الشقوق، الفجوات، والسطوح المتضررة بمواد متوافقة معدنيا وكيميائيا مع الرخام الأصلي (مثل الملاط الكلسي المحسن).
- إعادة تهيئة السطح بتقنيات لطيفة (مثل البخار المنخفض الضغط أو الليزر).

- تطبيق سياسات وقائية تمنع الاتصال المباشر بالسطوح الرخامية (حواجز وقائية، إشراف دوري).
- توثيق جميع مراحل التدخل طبقا لمعايير (ICROM و ICOM-CC) لضمان القابلية للعودة (Reversibility).

5. آفاق الحفظ والترميم الوقائي:

1.5. التحليل العام للتفاعل بين العوامل:

1.1.5. التداخل بين العوامل:³⁹

يتسم تلف الرخام بالمعالم الأثرية، ولا سيما قصر الباي محمد الكبير في وهران، بطابع تراكمي ناتج عن تفاعل متزامن بين العوامل الميكانيكية والكيميائية والبيولوجية والبشرية، وليس عن تأثير عامل منفرد. وهذا ما رأيناه سابقا في التحليل الميداني الموثق بالصور ومن خلال تحليل الوثائق العلمية، فالعوامل الميكانيكية- كالتمدد والانكماش الحراري وتكرار دورات الجفاف والرطوبة- تحدث إجهادات داخلية وشقوقا دقيقة للرخام. ويتسرب المياه المحملة بالأملاح أو الملوثات الجوية، تبدأ التفاعلات الكيميائية بتذويب كربونات الكالسيوم وتشكيل كبريتات أو كلوريدات متبلورة داخل المسام. وعندما تجف الرطوبة، تولّد الأملاح ضغطا بلوريا يوسع الشقوق ويفكك بنيته البلورية. هذا الوسط الرطب والمفتوح يهيئ الظروف لنمو الكائنات الدقيقة كالفطريات التي تفرز أحماضا عضوية تسرع في تحلل الكالسيوم ويحدث تصبغات لونية. أما التدخلات البشرية غير الملائمة، مثل استخدام مواد الترميم غير الملائمة أو التنظيف العشوائي، يزيد من تفاقم التفاعلات، إغلاق المسام وزيادة الإجهاد السطحي. في هذا النسق، تمثل الرطوبة المرتفعة داخل الشقوق مثلا ميدانيا واضحا: فهي تحفز التمدد الحراري وتبلور الأملاح في آن واحد،

مما يضعف الصلابة الميكانيكية ويجعل من السطح بيئة مثالية للنمو البيولوجي، وهو ما يفسر تسارع تدهور الرخام الأثري.

2.1.5. تقييم العوامل والمخاطر البيئية المحيطة:⁴⁰

من أجل حفظ وقائي أمثل للعناصر الرخامية وجب مراقبة العوامل البيئية المحيطة، إذ إن التلوث الجوي، الرطوبة والمناخ تمثل محددات رئيسية لسرعة تدهور المادة الحجرية، فوجود غازات كثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (NO_x) في هواء المدن الساحلية مثل مدينة وهران يؤدي إلى تفاعلها مع بخار الماء مكونة أمطار حامضية تخفض قيمة الـ PH السطحي للرخام وتحول كربونات الكالسيوم إلى كبريتات الكالسيوم، ما يتسبب في فقدان اللمعان وظهور القشور السوداء، كما أن ارتفاع مستوى الرطوبة النسبية داخل القصر، ونقص التهوية في بعض الأماكن، يسرع من ذوبان الأملاح وتبلورها المتكرر، بينما يسهم الرذاذ ومصادر التسرب المائي في ترطيب موضعي دائم للشقوق والمسام، أما تحليل المناخ يظهر وجود فروق حرارية واضحة بين فترات الليل والنهار، ما ينتج عنه إجهادات حرارية غير متجانسة في البلورات الكلسية، وتؤدي هذه الدورات الحرارية إلى ظهور تشققات سطحية دقيقة تتفاقم بمرور الزمن، لذا وجب الحرص على المراقبة المستمرة عبر حساسات الرطوبة وقياس تركيز الملوثات ودرجات الحرارة ضرورية حتمية لفهم ديناميكية التلف واقتراح حلول وقائية فعالة تحافظ على ديمومة استقرار البيئة المكروكليما تيكية داخل القصر.

2.5. مقترحات علمية وآفاق مستقبلية:

1.2.5. الحفظ الوقائي (preventive conservation):⁴¹

وجب إعداد جدول صيانة دورية كخطوة أساسية ضمن إستراتيجية الحفظ الوقائي للعناصر الرخامية الأثرية، إذ يمكننا من المراقبة المنتظمة لاكتشاف مظاهر

التلف في مراحلها المبكرة قبل تفاقمها. ينبغي أن يتضمن هذا الجدول فحصا بصريا سنويا ممنهجا لتحديد الشقوق، تراكم الأملاح، والنمو البيولوجي، مع توثيقها بالصور والقياسات الدقيقة لتقييم تطورها الزمني. كما يجب اعتماد عمليات تنظيف عقلانية وغير كاشطة باستخدام بخار منخفض الضغط أو ماء مضغوط خفيف أو كمادات مائية محددة الموضع، لتفادي فقدان الطبقة السطحية الأصلية أو إحداث أي إجهاد ميكانيكي. وتعد مراقبة الرطوبة الداخلية والخارجية عبر حساسات رقمية (Hygrometers) ذات دقة عالية أداة حيوية لضبط التوازن المائي داخل الحجر وتجنب عمليات الترتيب والتجفيف لأنها تسبب التشققات وتبلور الأملاح. من جهة أخرى، يوصى بالحد من التدخلات البشرية الضارة من خلال استخدام مواد ترميمية متوافقة كيميائيا ومعدنيا مع الرخام الأصلي، وتجنب استعمال المركبات غير المتوافقة مع المادة الأصلية وكذا المواد الصناعية التي تعيق تهوية الرخام، كما يعد تحسين التهوية والإضاءة الطبيعية داخل الفضاءات المغلقة وسيلة ناجعة لتقليل الرطوبة والحد من نمو الكائنات الدقيقة، تطبيق هذه الإجراءات بانتظام يضمن استقرار الحالة الفيزيائية والكيميائية للرخام ويطيل عمره وفق مبادئ الحفظ الوقائي المعتمد دوليا.

2.2.5. تحسين المواد وطرق التدخل:

توجّهت الأبحاث الحديثة في ترميم الرخام نحو استخدام مواد وتقنيات متقدمة تحقق الفعالية مع الحفاظ على أصالة المادة. من أبرزها المقويات الحديثة القابلة للعكس مثل المنتج الياباني (JSY-01) الذي أظهر قدرة عالية على تعزيز تماسك الرخام الأبيض دون تغيير لونه أو ملمسه مع مقاومته الممتازة للظروف البيئية.⁴² كما يوصى بتطبيق محاليل تنظيف غير كاشطة ككمادات اللاتكس أو البوليبات الأبيض، إضافة إلى التنظيف بالليزر كما سبق ذكرها، ويكون طبعاً بعد

التجارب لتفادي التأثيرات السلبية. وتبرز أيضا التقنيات النانوية مثل (SiO_2) المحمل بعوامل (Biocides) مضادة للأحياء الدقيقة، التي أثبتت فعاليتها في الحد من النمو البيولوجي والتقليل من التغيرات اللونية.⁴³

3.2.5. التوثيق الرقمي والمراقبة الطويلة المدى:⁴⁴

يعتبر التوثيق الرقمي والمراقبة الطويلة المدى من بين الركائز الأساسية في إدارة وصيانة العناصر الرخامية، إذ يتيح لنا تتبع التغيرات المادية بدقة عالية في وقت معلوم. يتم ذلك عبر إنشاء قاعدة بيانات متكاملة تضم الصور العالية الدقة، مسوحات فوتوغرافية ثلاثية الأبعاد، قياسات دقيقة للتشققات، ترسبات الأملاح، وكذا النمو البيولوجي، مما يسهل مقارنة الحالات بمرور الوقت. كما وجب اعتماد تقنيات التقييم والتشخيص غير المدمرة كالفحص المجهرى، التحليل الطيفي، الكروماتوغرافيا، تقنيات الإشعاع وتحليل الأملاح، دون المساس بالمادة الأصلية، وهو ما يضمن مراقبة علمية دقيقة واستباقية في عمليات الحفظ والترميم.

4.2.5. المعايير المرجعية:

- اتباع السياسات والمعايير الدولية مثل: ICCROM و ICOMOS في كل مراحل الصيانة والترميم لضمان التوافق والأخلاقيات المهنية.⁴⁵
- مراجعة دليل الحفاظ الوقائي الذي أعده معهد جيتي للحفظ كمرجع مناسب للطرق والمواد.⁴⁶

6. خاتمة:

خلصت الدراسة إلى أن مظاهر التلف التي أصابت العناصر الرخامية بقصر الباي محمد الكبير في وهران هي نتيجة تفاعل معقد بين عوامل طبيعية وبشرية. إذ تبين أن الرطوبة العالية، التلوث الجوي والتغيرات الحرارية اليومية ساهمت في حدوث تشققات، قشور سوداء، وترسيبات ملحية، بينما أدت الكائنات الدقيقة والطيور إلى

تلف بيولوجي ظاهر، وزادت التدخلات البشرية العشوائية من تفاقم الوضع. ومن خلال الدراسات العلمية والتقنية للرخام تبين أن النوع الإيطالي عالي النقاء، هذا ما يجعل أي تدخل مباشر غير مدروس يؤثر عليه سلباً. وتؤكد النتائج أن الحفاظ الوقائي هو الخيار الأمثل، ويكون بالمراقبة البيئية المستمرة، واستخدام مواد ترميم مناسبة، مع تنفيذ عمليات تنظيف وتدعيم دقيقة. كما نوصي بتطبيق التقنيات الحديثة كالمواد النانوية والمراقبة الرقمية ثلاثية الأبعاد، مع الالتزام بمعايير (ICCROM و ICOMOS) لضمان الاستدامة والأصالة. يمثل هذا البحث خطوة علمية نحو وضع استراتيجيات وطنية لحماية التراث الجزائري عامة والرخام خاصة وتثمينه في سياق علمي ومهني متكامل.

7. قائمة المراجع:

1. Google Earth, (n.d.), Retrieved 08, 10, 2025, from <https://earth.google.com/web/search>
2. المديرية العامة للديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية المحمية، (بلا تاريخ)، البطاقة التقنية رقم: 02، الممتلكات الثقافية الثابتة، سجل الجرد.
3. مخطط القصر: أرشيف الديوان الوطني لتسيير واستغلال الممتلكات الثقافية المحمية - فرع وهران.
4. شرفاوي راضية، التحصينات الدفاعية الإسبانية بمدينة وهران 1505م - 1792م دراسة أثرية معمارية، أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في الآثار الإسلامية، معهد الآثار، جامعة الجزائر 02، (2021)، الجزائر، ص 78 - 84. وينظر بوتشيشة علي، المنشآت المعمارية للباي محمد الكبير بمدينة وهران 1779م - 1799م دراسة أثرية معمارية، رسالة لنيل شهادة ماجستير في الآثار الإسلامية، معهد الآثار، جامعة الجزائر، (2009)، الجزائر، ص 81 - 131.
5. لوح التخليد، بمدخل الباب الرئيسي لقصر الباي محمد الكبير وهران.
6. Bibimoune, A., Chergui, S., & Others, The Ornamental white marble use and reuse at the Ottoman palaces of Algiers' Regency: New knowledge to a provenance study, Archaeological and Anthropological Sciences, Springer Verlag (Springer Nature), (2024), Germany, 16(75), 01-15.
7. Bibimoune Aicha, Chergui Samia, And others, Op cit, P 01 - 15.
8. Ibid, P: 01 - 15.

9. Ibid, P: 01 – 15.

10. إيكوموس (ICOMOS) الشارقة، (2023)، *المواثيق الدولية لحفظ وترميم المعالم والمواقع التاريخية*، المكتب الإقليمي لحفظ التراث في الوطن العربي والمدينة الجامعية الشارقة، الإمارات العربية المتحدة. وينظر قاضي محمد، و شيبان يمينة، (2021)، *حماية التراث الأثري قراءة في أهم التشريعات الدولية والقوانين الوطنية، مجلة السائرة للدراسات الإنسانية والاجتماعية، 07(01)*، 165-185.

11. Price, C., *Stone Conservation An Overview of Current Research*, Publications of: I. Getty Conservation Institute, (1996), United States of America, pp 01-37. And, Kemp, J., *Stone Conservation: Principles and Practice*, (Alison, Ed.) Routledge Tayler & Francis Group, London and New York, (2015), USA, pp 09 - 226. And, Wheeler, G., (n.d.), *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone*, Publications of: I. Getty Conservation Institute, pp 01 - 84.

12. ICCROM, ICOM-CC, Getty Institute, <https://www.iccrom.org/s?keywords=Stone+Conservation> and, <https://www.icom-cc.org/en/search?searchstring=Stone%20Conservation> and, <https://www.getty.edu/conservation-institute/?utm>

13. C. A. Price, Op cit, P: 01 – 37. And, Jonathan Kemp, Op cit, P: 09 – 226.

14. Luque, A., Encarnación, R.-A., & Others, , *Observation directe du développement de microfissures dans le marbre causées par les intempéries thermiques*, *Environmental Earth Sciences*, 62, (2011), pp 1375–1386. And, Marie-Laure Chavazas, *Acoustic characterisation and imaging of carrara marbele degradation*, *PhD thesis in Mechanics, physics, micro and nanoelectronics*, Aix Marseille University, (2024), pp 12 – 103.

15. Woolfitt, C., & Abrey, G., (2000), *The true or plain poultice and the cleaning and desalination of historic masonry and sculpture*, Retrieved from <https://www.buildingconservation.com/articles/poultices/poultice.htm?utm>

16. Da Fonseca, B., & Ferreira Pinto, A., *Alkoxysilane-based sols for consolidation of carbonate stones: Proposal of methodology to support the design and development of new consolidants*, *Journal of Cultural Heritage*, 43, (2020), pp 51-63. And, George Wheeler, Op cit, P: 01 – 84.

17. Siegesmund, S., Menningen, J., & Others, *Marble decay: towards a measure of marble degradation based on ultrasonic wave velocities and thermal expansion data*, *Environmental Earth Sciences*, 80(395), (2021), pp 2-34.

18. Forma, Boutin, & Others, Vibrations and cultural heritage preservation: a new approach to protect objects, *The European Physical Journal Plus*, 138(310), (2023), pp 138–310. And, Bernard M. Feilden, *The principles of conservation*, <https://nap.nationalacademies.org/read/514/chapter/5>
19. Moropoulou, A., Delegou, E., & Others, (n.d.), Assessment of atmospheric pollution impact on the microstructure of marble surfaces, Measuring, Monitoring and Modeling Concrete Properties, Conference paper published, SpringerLink, pp 695–701. And, Schuster, P., Reddy, M., & Sherwood, S. I., Effects of acid rain and sulfur dioxide on marble dissolution, *Materials Performance*, 33(1), (1994), pp 76-80.
20. Wenjuan, L., Xiaojian, B., & Others, Air pollution and its impact on stone heritage sites: mechanisms and mathematical models, *npj heritage science*, 13(247), (2025), pp 1-15. And, Ruffolo, S. A., La Russa, M., & Others, The Impact of Air Pollution on Stone Materials, *Environments journal*, 10(7), (2023), 01–15.
21. Chiaki, T., Oguchi, & Swe Yu, A review of theoretical salt weathering studies for stone heritage, *Progress in Earth and Planetary Science*, 8(32), (2021), pp 1-23.
22. Alves, C., Figueiredo, C., & Others, Salt Weathering of Natural Stone: A Review of Comparative Laboratory Studies, *Heritage Journal*, 4(3), (2021), pp 1554–1565.
23. Zhang, X., Ling, S., & Others, Microscopic weathering mechanisms of subflorescence and crust patterns in the Nankan Grotto, northern Sichuan, China, *npj heritage science*, 11(181), (2023), pp 1173 – 1186.
24. Baude, E., (2014), *Laser Cleaning for Stone Conservation at The Cloisters*, Retrieved from <https://www.metmuseum.org/perspectives/laser-cleaning-for-stone-conservation?utm>
25. Constantinides, I., & Humphries, L., (2003), *Ian Constantinides et Lynne Humphries, Nettoyage de maçonnerie: pulvérisation nébuleuse*, Retrieved from <https://www.buildingconservation.com/articles/nebulous/nebulous.htm?utm> and, Emeline Baude, *Laser Cleaning for Stone Conservation at The Cloisters*, Online article, 2014, <https://www.metmuseum.org/perspectives/laser-cleaning-for-stone-conservation?utm>
26. Thickett, D., Analysis of Salts and Clays for Conservation of Porous Cultural Heritage, *Applsci Journal*, 13(22), (2023), pp 1-15. And, Woolfitt,

- C., & Abrey, G., (2000), *The true or plain poultice and the cleaning and desalination of historic masonry and sculpture*, Retrieved from <https://www.buildingconservation.com/articles/poultices/poultice.htm?utm>
27. Thorn, A., The Impact of Disodium EDTA on Stone Conservation, *10th Triennial Meeting*, ICOM Committee for Conservation, Washington DC USA, (20-27 August 1993), pp 357-363.
28. Fassina, V., (1993). *Course on Monument Conservation "Stone material in monuments: diagnosis and conservation"*, Ministry of culture, Greece, (2019), pp 126-132. And, Gulotta, D., & Toniolo, L., Conservation of the Built Heritage: Pilot Site Approach to Design a Sustainable Process, *Heritage Journal*, 2(1), pp 797-812.
29. Cappitelli, & Principi, P., Bacterial and fungal deterioration of the Milan Cathedral marble treated with protective synthetic resins, *Science of The Total Environment*, 385(1-3), (2007), pp 172-181. And, Ciccarone, C., & Pinna, D., Calcium oxalate films on stone monuments- Microbiological investigations, *Aerobiologia*, 9(2-3), (1993), pp 33-37.
30. Khalil, M., & Sallam, A., (n.d.), *Weathering on monumental islamic marble in egypt: a contribution to heritage studies*, Retrieved from <https://conservation-science.unibo.it/article/download/17308/16525?utm>
31. Dakal, T. C., & Cameotra, S., Microbially induced deterioration of architectural heritages: routes and mechanisms involved, *Environmental Sciences Europe*, 24(36), (2012), pp 24-36.
32. Fermo, P., & Turrion, R. G., A new approach to assess the chemical composition of powder deposits damaging the stone surfaces of historical monuments, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, (2015), pp 6262-6270.
33. Stewar, J., & Willett, C., Control of biological growth on masonry: Research into the effectiveness and sustainability of methods for controlling biological causes of deterioration in historic stone and brickwork, *Historic England, Science special*(12), (2019), pp 32-35.
34. National Park Service (USA), *Comparative Study of Commercially Available Cleaners for use on Federally-issued Headstones*, Retrieved from, Online article, 2025, <https://www.nps.gov/articles/000/comparative-study-of-commercially-available-cleaners-for-use-on-federally-issued-headstones.htm?utm>

35. Anne E. Grimmer, *Removing Exterior Dirt, Paint, Stains and Graffiti from Historic Masonry Buildings*, Service Cultural Resources, U.S. Department of the Interior National Park, USA(1988), pp 1-31.
36. Yu Yan و Yansong Wang, A Review of Atmospheric Deterioration and Sustainable Conservation of Calcareous Stone in Historical Buildings and Monuments, *Sustainability journal*, 16(23), (2024), pp 1-21. And, Olivieri, F., Orlo, E., & Others, Dual Biocide Behaviour of Quaternary Ammonium Functionalized Mesoporous Silica Nanoparticles Loaded with Thymus Essential Oil for Stone Conservation, *Nanomaterials journal*, 15(11), (2025), pp 866–880.
37. Gad ahmed, M., Al-Derby, A., & Others, Factors and manifestations of damage affecting stone statues, *International journal of multidisciplinary studies in architecture and cultural heritage*, 4(2), (2021), pp 41-64.
38. Ashurst, J., (1982), *Cleaning and Surface Repair*, Retrieved from <https://nap.nationalacademies.org/read/514/chapter/19> And, Jonathan Kemp, Op cit, P: 09 – 226. And, George Wheeler, Op cit, P: 01 – 84.
39. Feilden, B., & Jokilehto, J., *Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites*, ICCROM- International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property, Italy, (1988), pp 1-133. And, Rossi-Doria, P., Mortars for restoration: Basic requirements and quality control, *Materials and Structures*, 19, (1986), pp 445–448. And, Wheeler, Op cit, P: 01 – 84. And, ICCROM, ICOM-CC, Getty Institute, http://www.getty.edu/research/special_collections/institutional_archives/and, <https://www.icom-cc.org/en/search?searchstring=Stone%20Conservation> and, <https://www.getty.edu/conservation-institute/?utm>
40. Wang, Y., Liu, H., & Others, Evaluation of a stone consolidant for preserving white marble in cultural heritage conservation, *AIP Advances*, 15(6), (2025), pp 065204 – 065204-15.
41. تواتي رضا، حماية المباني الأثرية من تأثيرات العوامل المناخية "مبنى قصر الباي بوهران نموذجا"، مجلة السائرة للدراسات الإنسانية والاجتماعية، 10(2)، (2024)، 161-180.
- وينظر بوجلابة سعاد فوزية، مشكلة التلوث البيئي وأثرها على المباني التاريخية "مدينة وهران أنموذجا"، المجلة التاريخية الجزائرية، 6(1)، (2022)، 612-627. و Chiaki T. Oguchi, Swe و Wenjuan Li, Xiaojian Bai, And others, Op cit, P: 01 و Yu, Op cit, P: 01 – 23. – 15. And, Silvestro Antonio Ruffolo, Mauro Francesco La Russa, And others, Op cit, P: 01 – 15.

42. Bernard M. Feilden, Jukka Jokilehto, Op cit, P: 01 – 133 And, ICCROM, ICOM-CC, Getty Institute, <https://www.iccrom.org/s?keywords=Stone+Conservation> and, <https://www.icom-cc.org/en/search?searchstring=Stone%20Conservation> and, <https://www.getty.edu/conservation-institute/?utm>
43. Ruggiero, L., Sodo, A., & Others, (n.d.), *Raman and ATR FT-IR investigations of innovative silica nanocontainers loaded with a biocide for stone conservation treatments*, Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/1911.12153>
44. ICOM-CC, Getty Institute, <https://www.icom-cc.org/en/search?searchstring=Stone%20Conservation> and, <https://www.getty.edu/conservation-institute/?utm>
45. ICCROM : <https://www.iccrom.org/themes/material-focus/stone-conservation-course?utm>
46. C. A. Price, Stone Conservation Op cit, P: 01 – 37.