

تأثير دورة الأملاح داخل المواد وعلى الأسطح في الإضرار بالمباني الأثرية

**The impact of Salt Cycle inside Materials and Roof tops on
archeological buildings**

Dr/ BOUDJELLABA Fouzia soad

الدكتورة بوجلابة فوزية سعاد؛ أستاذة محاضرة - أ - قسم علم الآثار - جامعة تلمسان -

مخبر التراث الأثري وتثمينه Tihert19@gmail.com

تاريخ القبول: 2020/03/07 م

تاريخ الاستلام: 2020/02/17 م

الملخص:

تعد الأملاح من أهم وأخطر عوامل تلف المباني الأثرية وخاصة عناصرها الإنشائية كالصخور ومواد البناء والمواد اللاصقة والزجاج وأنواع عديدة من المواد المسامية التي تدخل في تشييد المباني التاريخية، حيث أن الأملاح مادة أيونية تنتج من تفاعل حمض وقاعدة ، أو تنتج من إحلال أيون موجب محل أيون الهيدروجين في الحمض، وتتعدد مصادرها في المبنى بين مصادر طبيعية كزئذ البحر، المياه الجوفية أو تركيبة مواد البناء، ومصادر مستحدثة كالتلوث الجوي والأمطار الحمضية، تعمل المياه على إذابة الأملاح ومن ثم هجرها داخل مواد البناء و ترسبها على الأسطح في أشكال عديدة بواسطة عامل التبخر، أو ما يسمى بدورة الأملاح، تتجلى مظاهر التلف الناجمة عن الأملاح في الترسب ، التقشر، التفكك الحبيبي ، التآكل وغيرها...

الكلمات المفتاحية: الأملاح، تأثير، تزهري، مباني، تبلور.

Abstract :

Salts are one of the most important and most dangerous factors of damage to archaeological buildings, especially their structural elements, such as rocks, building materials, broiler materials, glass, and many types of porous materials that go into the construction of historical buildings. In acid, and its multiple sources in the building are between natural sources such as sea spray, groundwater or the composition of building materials, and new sources such as air pollution and acid rain. Water works to dissolve the salts and then desert them inside the building materials and deposit them on surfaces in many forms by I hope evaporation, or the so-called cycle of salts, reflected the manifestations of damage caused by salt in the deposition, desquamation, disintegration particleboard, corrosion and other...

Key words: salts, effect, bloom, buildings, crystallization

مقدمة:

الأملاح لها دور مهم في تلف المباني الأثرية ولاسيما الواقعة في المناطق الرطبة وخاصة الساحلية، متسببة في ضغوط ميكانيكية وتفاعلات فيزيوكيميائية متعددة نظرا لتنوع مصادر الأملاح في المبنى. إذ تعتبر التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة النسبية والرياح من العوامل المساهمة في تبلور الأملاح وفي تلف المباني الأثرية، وفيها يلعب الماء دورا هاما، فعندما يتسرب إلى المسام بطرق مختلفة يتجمد عند انخفاض درجة الحرارة ثم يعود إلى حالته السائلة عند ارتفاع درجة الحرارة، وتكرر هذه العملية خلال فصول السنة يسهل تلف مواد البناء المتشربة، إذ يزيد حجم الماء بمقدار 9% عند تجمده في درجة الصفر مئوي، ويحدث الجليد ضغطا عند هذه الدرجة مقداره 60 كغ/سم² تقريبا، ويزيد حجم الضغط كلما انخفضت درجة الحرارة دون 0م°، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فتتبخر المياه الموجودة في المسام حاملة معها الأملاح القابلة للذوبان وترسبها على الأسطح أو تترسب داخل مواد البناء محدثة أضرار متنوعة. نهدف من خلال البحث حصر مظاهر التلف الناجمة عن تواجد الأملاح في المبنى، لذلك أثّرنا إشكالية البحث في مصادر الأملاح في المبنى الأثري وكذا دورة الأملاح في مواد البناء وما يصاحبها من تفاعلات كيميائية وضغوطات ميكانيكية على مواد البناء.

1-تعريف الأملاح:

الأملاح مادة أيونية تنتج من تفاعل حمض وقاعدة، أو تنتج من إحلال أيون موجب محل أيون الهيدروجين في الحمض، أو تنتج من إحلال أيون سالب محل أيون الهيدروكسيد في القاعدة¹.

2-أنواع الأملاح: تنقسم الأملاح إلى ثلاث أنواع :

- **الأملاح الحمضية Sel Acide** : ملح يزيد من تركيز أيون الهيدرونيوم عند إذابته في الماء، وتكون قيمة PH لمحلوله المائي أقل من 7.

¹ - رقية عبد الصمد، أثر الرطوبة والأملاح على الصخور الكلسية في المباني الأثرية، مذكرة لنيل شهادة ماجستير، في صيانة والترميم، جامعة الجزائر، 2009، ص 67.

- الأملاح القاعدية **Sel Basic**: ملح يزيد من تركيز أيون الهيدروكسيد عند إذابته في الماء .
وتكون قيمة Ph لمحلوله المائي أكبر من 7 .

- الأملاح المتعادلة **Sel Neutralise**: ملح لا يؤثر في تركيز أيون الهيدروكسيد وأيون
الهيدرونيوم عند إذابته في الماء . وتكون قيمة PH² لمحلوله المائي تساوي 7 .

3-مصادر الأملاح:

تتعدد مصادر الأملاح في المباني الأثرية بين مصادر داخلية وأخرى خارجية:

3-1-المصادر الداخلية:

-نوع مادة بناء المبنى يحد ذاتها .

- نوعية الملاط الرابط بين مواد البناء، على سبيل المثال ملاط الجبس الذي يعد مصدر
رئيسي للملح الكبريتات .

-مواد الترميم.

-تأكسد la pyrite وتحوّلها إلى جبس³.

3-2- المصادر الخارجية:

-مياه البحر: تعد مياه البحر مصدر رئيسي للأملاح، إذ يزداد نشاطها في البيئة
الساحلية وتنتقل إلى مواد البناء بواسطة رذاذ البحر أو الأمطار المحملة بكميات معتبرة من
الأملاح، و الرطوبة الجوية و المياه الجوفية وما تحمله من أملاح ذائبة⁴ .

يحتوي البحر الأبيض المتوسط حوالي 38.4 غرام من الملح في اللتر الواحد، وذلك لاتصاله
بالمحيط الأطلسي عبر مضيق جبل طارق الذي يعتبر مصدرا لمياهه. ومن الأملاح الأساسية
المكونة لمياه البحر نذكر مايلي:

² - المرجع نفسه، ص: 68

³ - Mélanie Denecker, Le rôle des sulfates de sodium dans l'altération des roches: application à la conservation du patrimoine bâti, école de Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement , France, 2007,p 20

⁴ - Ibid, p 21

نوع الملح	تركيزه في مياه البحر / كغ
الكلور	19
الصوديوم	10.6
سلفات	2.7
مغنزيوم	1.3
كالسيوم	0.4
بوتاسيوم	0.4

الجدول رقم 1 يمثل الأملاح الأساسية المكونة لمياه البحر الأبيض المتوسط⁵.

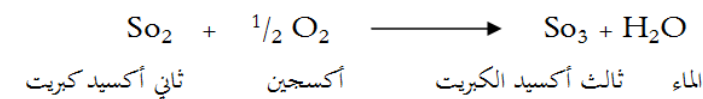
- رذاذ البحر: يتميز هواء المدن الساحلية بتشعبه بالرطوبة المحملة بالأملاح، وعند جفاف هذا الهواء تتسرب دقائق صغيرة من بلورات الأملاح على سطوح الآثار المختلفة، مشكلة بقع رطبة على سطح المباني الأثرية تنمو عليها الفطريات أو الطحالب، أو يذوب الملح ويتسرب نحو المسام ليتبلور أثناء ارتفاع درجة الحرارة، مما يلحق تدميرا بالسطح بعد وقت طويل مع تكرار العملية⁶.

- الأمطار الحمضية: تعتبر الأمطار الحمضية أحد عوامل تلف مواد البناء المباني التاريخية، وتساهم في تكون أملاح متنوعة بفعل التفاعلات الكيميائية التي تحدثها مع مواد البناء

⁵ - تواني رضا ، حماية المباني الأثرية من الأخطار البحرية، مذكرة لنيل شهادة ماجستير في علم الآثار والمحيط، جامعة تلمسان، 2018 ، ص: 30 .

⁶ - هزار عمران وجورج دبورة، المباني الأثرية ترميمها صيانتها والحفاظ عليها، منشورات وزارة الثقافة، المديرية العامة للآثار والمتاحف، سوريا، 1998، ص: 78.

خاصة الأحجار الكربونائية، بسبب ما تحتويه عن أحماض ناتجة⁷ عن تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت، ولاسيما غاز ثاني أكسيد الكبريت مع الأكسجين عند وجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، فيتشكل أكسيد آخر من أكاسيد الكبريت المعروف باسم ثالث أكسيد الكبريت، الذي يتفاعل مع بخار الماء ليكون حمض قوي يسمى الكبريتيك، الذي يبقى معلقا في الهواء في شكل رذاذ دقيق، وفق المعادلة التالية:



بعض جزيئات هذا الرذاذ الناتج عن اتحاد بعض المواد القلوية مثل النشادر الموجود في الهواء يتحول إلى كبريتات النشادر، التي تبقى معلقة في الهواء على شكل دقائق كبريتات النشادر وحمض الكبريتيك، ويظهر على هيئة ضباب خفيف، وعند سقوط الأمطار يذوبان في ماء المطر، ويسقطان على هيئة مطر حمضي⁸.

كما تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النيتريك، والكلور مع الماء ليكون حمض الهيدرو كلوريك، وأخيرا ثاني أكسيد الكربون مع الماء معطيا حمض الكربونيك⁹، وفقا للمعادلة التالية:



⁷ - محمد عبد الهادي محمد، مبادئ ترميم الآثار غير العضوية، مكتبة نخضة الشرق، القاهرة، 1996، ص: 223.

⁸ - بوجلاية فوزية سعاد، أخطار التلوث البيئي على المعالم الأثرية بمدينة وهران وتلمسان، أطروحة دكتوراه في العلوم، جامعة تلمسان، الجزائر، 2015، ص: 78.

⁹ - محمد محمود ذهبية، علم البيئة، ط1، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، الأردن، 2010، ص 51.

يؤثر حمض الكربونيك على مواد البناء التي تحتوي على كربونات الكالسيوم والمغنسيوم مثل ملاط الجير، والحجر الجيري، والرخام التي تتفاعل معه وتتحول إلى بركونات، فقد لوحظ تآكل وتفتت بعض أحجار برج لندن وكنيسة لود ستمستر، إذ بلغ عمق التآكل بعض السنتيمترات، كما يتفاعل حمض الكربونيك مع منتجات السراميك التي تتكون من سليكات الكالسيوم والألمنيوم القابلة للذوبان في المياه الحمضية، على الرغم مما تتميز به من خواص منع وصد لمياه الأمطار، وفي حالة الجفاف تتبلور هذه المواد الذائبة على الأسطح فينجر عنه تقشر الحجارة وتفتت سطحها¹⁰.

كما توجد مصادر أخرى منها المياه الجوفية، مياه الأمطار، التربة، استخدام الأملاح في إذابة الثلوج والجليد، مواد التطهير مثل ماء جافيل، أبخرة البراكين، الجسيمات الصلبة¹¹.

4-عوامل تبلور الأملاح في المبنى الأثري:

توجد مجموعة من العوامل تساهم بشكل مباشر في ترسيب وتبلور الأملاح نلخصها في

الجدول التالي:

العوامل البيئية	خواص مادة البناء	العوامل البشرية
الماء	التركيبية المعدنية	مواد الترميم الحديثة
الخاصية الشعرية	مدى المسامية	استعمال المبنى
السيول	الصلابة	المبيدات الحشرية
تكاثر بخار الماء على سطح المبنى		استعمال مواد التطهير والتنظيف
تباين في درجات الحرارة والرطوبة النسبية		
التلوث الجوي		

الجدول رقم2: يوضح عوامل تبلور الأملاح

¹⁰-بوجلابة فوزية، مرجع سابق،ص: 78

¹¹ - Mélanie Denecker, op.cit,p 20

5- دورة الأملاح في المبنى الأثري:

يؤدي تكثف بخار الماء - في فترات ارتفاع الرطوبة النسبية على أسطح المباني - إلى انتشار الماء الناتج داخل الأحجار الرسوبية، ثم إذابته للأملاح القابلة للذوبان سواء في الحجر نفسه أو في المونات، وطبقات الشيد، وتبدأ المحاليل في التحرك نحو الأسطح الخارجية لتتبخر أثناء فترات الجفاف، فيلاحظ بعد ذلك تبلور الأملاح على الأسطح، ومع استمرار نمو هذه البلورات تزيد عملية الضغوطات الموضوعية والانفعالات التي تتلف الواجهات والنقوش¹².

ومن الملاحظ أن كل الأملاح الذائبة تميل إلى الحركة نحو الخارج، والأملاح الأكثر إذابة مثل الكلوريدات وبعض أملاح الكبريتات تبقى في المحلول وتتحرك متقدمة أو متراجعة، وذلك تبعاً للتغيرات التي تحدث في المناخ والجو، أما الأملاح الأقل إذابة فتتبلور على السطح أو بالقرب منه مثل كبريتات الكالسيوم والجبس¹³، كما لوحظ أن كميات الجبس وكبريتات الكالسيوم (أنهيدرات) تكون كبيرة في حالة المباني المعرضة للضوء والحرارة عنها في حالة المباني المعتمدة لاستمرار عملية البخار¹⁴.

في الواقع، درجة التبلور تعتمد على نوع من الملح (مصدر التبلور)، ومستويات التشبع من مصدر الأملاح، ودرجة التشبع في حد ذاتها ترتبط بمعدل التبخر (سريع إذا كان جو الجاف، أو بسبب تعرض المبنى باستمرار لأشعة الشمس القوية ...)، بالإضافة إلى سبب في تبلور الأملاح على السطح أو داخل مادة البناء، الذي يخضع إلى مدى الاختلاف بين مسامية مادة

¹² - عزت زكي حامد قادوس، علم الحفائر وفن المتاحف، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2004، ص: 209

¹³ - عند انخفاض نسبة الرطوبة يتحول الجبس إلى أنهيدريت، يلاحظ هنا فقدان الماء المتحد كيميائياً مع كبريتات الكالسيوم لينتج عنه تفاعل شديد في طبقات الملاط $CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightarrow CaSO_4$ ينظر عزت زكي حامد قادوس، مرجع نفسه، ص: 259.

¹⁴ - محمد أحمد أحمد عوض، ترميم المنشآت الأثرية، ط1، دار نهضة الشرق، القاهرة، 2002، ص 130.

البناء ومسامية الملاط الرابط ، وتوجد أملاح قابلة للذوبان تتأثر باختلاف درجات الحرارة والرطوبة النسبية¹⁵.

وعلى العموم يتحكم في شكل التبلور وطريقة تبلور الأملاح عاملين هما:
-عامل خارجي: خصائص العوامل المناخية في الوسط (الرطوبة ، الحرارة ، الرياح)
-عامل داخلي: الخصائص الجوهرية للمادة، الرطوبة ، نوع الملح الموجود في مادة البناء¹⁶.

فعندما تتبلور الأملاح داخل مواد البناء تتسبب في انشطار وتفكك المواد وزيادة الشقوق الموجودة، في حين عندما يكون التبلور على سطح المبنى فإنها تتزهر وترسب على شكل طبقات صلبة أقل تدميرا¹⁷.

6- مظاهر تلف المباني الأثرية بالأملاح:

تلحق الأملاح أضرارا ميكانيكية وفيزيوكيميائية ولاسيما بالمعالم الأثرية الواقعة في المناطق الساحلية ، إذ تنتقل إلى مواد البناء من خلال الأمطار والرطوبة الجوية والمياه الجوفية وغير ذلك من مصادرها المتنوعة ، فتتخذ أشكالا متعددة في المبنى نذكر منها:

6-1- تزهير الأملاح:

التزهير هو عبارة عن ترسب الكتل الملحية على أسطح الحجارة ، متخذة أشكالا متنوعة وألوانا متباينة (بقع بيضاء أو رمادية)، نلاحظ تزهير الأملاح في شكل مسحوق (pulvérulentes) أو شعيرات ناعمة duveteuse أو بثور pustuleuses.

¹⁵ - Philippe Bromblet , , Altérations de la pierres, Association MEDISTONE –France, 2010, p :10.

¹⁶ - Mélanie Denecker, Op.cit , p : 23

¹⁷ -Henri de la Boisse et autre, Les monuments historiques et la pierre, Direction régionale des affaires culturelles du Languedoc-Roussillon (drac-l-r.) , France, 2012, p :24

عادة ما نلاحظ تزهّر الأملاح في الأجزاء السفلية من المبنى ، و في أماكن انتقال الرطوبة بالخاصية الشعرية ولاسيما إذا كان انتقال الرطوبة بالخاصية الشعرية أسرع من عملية التبخر وهنا يصطلح عليه تزهّر فرعي subflorescences . يرتبط شكل البلورات الزهرية بطبيعة مادة البناء ونوع الملح، وفي ما يلي أهم أنواع هذه الأملاح المتبلورة

-الكبريتات (CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4)

-الكلور (NaCl , KCl)

-الكربونات (CaCO_3 , MgCO_3)

-النترات (KNO_3 , ou salpêtre , NaNO_3)¹⁸.

تعد كبريتات الصوديوم أكثر ضارا من كلور الصوديوم، إذ تكوّن كبريتات الصوديوم بلورات ملحية رطبة عكس كلور الصوديوم. كما أنها تتفاعل مع غاز الكبريت الموجود في الهواء نذكر كبريتات الصوديوم المركب الكيميائي ذو الصيغة Na_2SO_4 الملح الصوديومي لحمض الكبريت .

تتواجد كبريتات الصوديوم على هيتينين:

1- مرحلة لامائية Une phase anhydre نجد كبريتات الصوديوم على

شكل مسحوق وهو ما نلاحظه على أسطح المعالم الأثرية.

2- مرحلة مائية hydratée : تكون كبريتات الصوديوم متحدة مع 10

جزيئات من الماء $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ، وتدعى في هذه الحالة ملح غلاوبر

Mirabilite، وهو مستقر عند 32.4°م، ويتخذ صيغة أخرى عندما يتحد مع 07 جزيئات

من الماء ويطلق عليه phase heptahydratée $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، في هذه الحالة

يتميز بعدم الاستقرار عند درجة حرارة 24°م¹⁹.

¹⁸ - Mélanie Denecker, Op.cit , p :23-24

¹⁹ - Ibid , p-p : 06-07.



اللوحة رقم 1 توضح تضرر الأملاح في الأجزاء السفلية من جدران قلعة روزال كازار بوهرا

6-2-التقشر:

هو عبارة عن انشطار في الطبقات السطحية لمواد البناء، إذ يؤدي ترسب الأملاح داخل مواد البناء إلى ضغوطات ميكانيكية تساهم في انفصال الطبقات الخارجية وسقوطها. يتراوح سمك الطبقات المنشطرة من ميليمتر إلى بعض السنتيمترات، فينجم عنه تبلور للأملاح في شكل مسحوق أبيض يغطي مواضع الإنشطارات كما يتسبب تقشر الأسطح في ضياع نسبة كبيرة من مواد البناء.

توجد عدة عوامل تزيد من نسبة التقشر منها الأملاح القابلة للذوبان ، وارتفاع نسبة التبخر وطول فترات الجفاف ، وتعد الأسطح المعرضة مباشرة للعوامل الجوية الحرارة والأمطار أكثر عرضة للتقشر من غيرها²⁰.



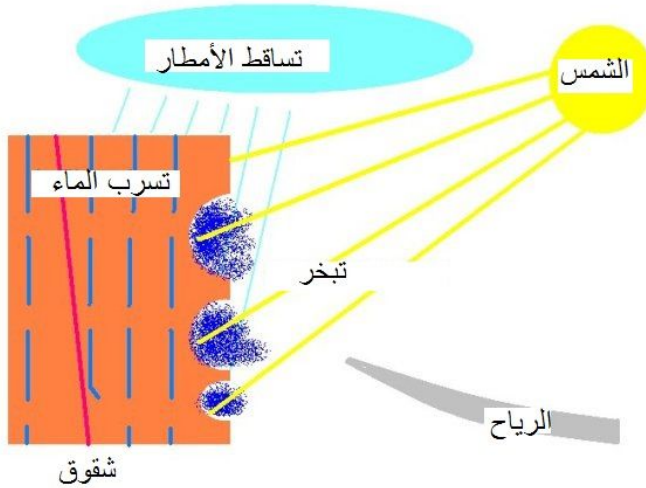
اللوحة رقم 2 انفصال الطبقات السطحية بسبب ترسب الأملاح بباب سانتون بوهران.

6-3 - تفكك الحبيبات الرملية و ظهور التجاويف:

تعمل الأملاح على تآكل وتفكك تدريجي لأسطح مواد البناء وسقوطها في شكل حبيبات أو بلورات أو شظايا ولاسيما الأحجار الكلسية. نلاحظ هذه الظاهرة في الأسطح الرطبة وغير معرضة لتساقط المياه الأمطار، وعند تناوب فترات الجفاف والبلل، كما تزيد نسبة التقشر كلما كانت الأملاح القابلة للذوبان قريبة من الأسطح، مما يسبب تفكك الحبيبات الرابطة للمواد وضعف المقاومة الميكانيكية للمواد البناء وزيادة المسامات في الأسطح الخارجية.

²⁰ - Mélanie Denecker ,op cit p 25

alvéolisation عبارة عن تجاويف مختلفة الأحجام تميز الأحجار الرملية والكلسية، تتشكل بفعل المسام الموجودة في الحجارة و سرعة التبخر بفعل الرياح والشكل رقم يوضح عملية تشكيل التجاويف²¹.



عوامل تشكل التجاويف

الشكل رقم 01 يوضح عوامل تشكل التجاويف

²¹ - Mélanie Denecker, Op.cit , p26



اللوحة رقم 3 توضح تآكل وثغرات على مستوى الأسطح الخارجية بقلعة سانتا كروز

بوهرا

6-4- ترسب الأملاح:

هو عبارة عن تراكم سريع في بعض الأحيان من البلورات الملحية أو إعادة التبلور الأملاح على سطح المواد في الأماكن المحمية من مياه الأمطار ، حيث يكون التآكل ضعيفاً ، هناك نوعان من الترسبات:

ترسب ذو لون أبيض و ترسب ذو لون أسود، يتكون هذا الأخير نتيجة ترسب الأملاح (الجبس) والجسيمات الكربون المنتشرة في الجو ، حيث يتخذ الجبس لونا أسودا بسبب التلوث الجوي. تحدث هذه الترسبات ضغوطات ميكانيكية على الحجارة²²



اللوحة رقم 04 ترسبات ملحية بلون أبيض في قلعة سانتا كروز وترسبات ملحية بلون أسود بقصر

الباي بوهرا.

²² - Mélanie Denecker, Op.cit , p-27-28

خاتمة:

تتعدد مصادر الأملاح بين مصادر طبيعية ومصادر بشرية، فقد يكون مصدرها مياه البحر كما ذكرنا، أين يزداد نشاط الأملاح التي تنتقل عبر الأمطار والمياه الجوفية، أو تكون في المواد الحديثة التي يستخدمها الإنسان مثل مواد الترميم الإسمنت أو المخصبات والمبيدات الزراعية، كما توجد نسبة كبيرة من أملاح كبريتات الصوديوم مصدرها الأمطار الحمضية وتلوث الهواء.

تتحكم عدة عوامل في عملية تبلور الأملاح منها ما يدخل في خانة عوامل البيئية كالرطوبة الجوية، تباين درجات الحرارة، الخاصية الشعرية، الرياح وغيرها ومنها ما يرجع إلى الخواص مواد البناء من صلابة ومسامية... وأخيرا استخدام المواد الحديثة التي تكون مصدرا للأملاح.

تلعب الأملاح التي مصدرها البيئة البحرية والتي تنتقل إلى مواد البناء من خلال الأمطار والرطوبة الجوية أضرارا ميكانيكية ولاسيما في فترات الجفاف أين تتزهر على الأسطح في صور متعددة إما في شكل كتل صلبة متفاوتة الأحجام أو في شكل طبقة من البثور أو في شكل شعيرات بيضاء تكسو الأسطح. تعمل الأملاح على تقشر الأسطح وسقوط الكسوة الخارجية للجدران في شكل طبقات منفصلة، و أحيانا تترسب على الأسطح في فترات الجفاف في شكل طبقات صلبة بيضاء متفاوتة السماكة تبعا لاختلاف مواد البناء. كما تساهم الأملاح في زيادة تفكك الأحجار ولاسيما الرملية والكلسية، وتحدث بها تجاويف مختلفة العمق.

قائمة المبيولوجرافيا:

المراجع :

- -أحمد إبراهيم عطية وعبد الحميد كفاي، حماية وصيانة التراث الأثري، ط1، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2003.
- -عزت زكي حامد قادوس، علم الحفائر وفن المتاحف، مطبعة الحضري، الإسكندرية، 2004.

- -محمد أحمد أحمد عوض،، ترميم المنشآت الأثرية، ط1، دار نهضة الشرق، القاهرة، 2002.
- -محمد عبد الهادي محمد، مبادئ ترميم الآثار غير العضوية، مكتبة نهضة الشرق، القاهرة، 1996.
- -محمد محمود دهبية، علم البيئة، ط1، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، الأردن، 2010.
- -هزار عمران وجورج دبورة، المباني الأثرية ترميمها صيانتها والحفاظ عليها، منشورات وزارة الثقافة، المديرية العامة للآثار والمتاحف، سوريا، 1998.

الرسائل الجامعية:

- -بوجلاية فوزية سعاد، أخطار التلوث البيئي على المعالم الأثرية بمدينتي وهران وتلمسان، أطروحة دكتوراه في العلوم، جامعة تلمسان، الجزائر، 2015
- -تواتي رضا ، حماية المباني الأثرية من الأخطار البحرية، مذكرة لنيل شهادة ماجستير في علم الآثار والمحيط، جامعة تلمسان، 2018
- -رقية عبد الصمد، أثر الرطوبة والأملاح على الصخور الكلسية في المباني الأثرية، مذكرة لنيل شهادة ماجستير، في صيانة والترميم، جامعة الجزائر، 2009.

المراجع باللغة الأجنبية:

- Mélanie Denecker, Le rôle des sulfates de sodium dans l'altération des roches: application à la conservation du patrimoine bâti, école de Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement , France, 2000
- Philippe Bromblet, , Altérations de la pierres, Association MEDISTONE –France, 2010