# طرق تنظيف الحجارة الأثرية.

## *Archaeological stone cleaning methods*

**بلعيبود بدرالدين.**

ـ معهد الآثار؛ جامعة أبي القاسم سعد الله؛ الجزائر 2؛ (الجزائر).

ـ البريد الإلكتروني: *badreddine.belaiboud@univ-alger2.dz*

تاريخ الإرسال: 2023/10/29؛ تاريخ القبول:2023/04/09؛ تاريخ النشر:2023/06/09.

**الملخص:**

تتعرض الحجارة الأثرية للعديد من عوامل التلف مما يؤدي إلى ضياع المعطيات الأثرية والفنية التي تحملها، يقوم المرمم بالتدخل على المادة الأثرية للحد من تلفها، وتعتبر عملية التنظيف أول عملية من سلسلة الصيانة العلاجية التي تطبق على المادة التي أصيبت بالتلف، هناك عدة طرق من التنظيف منها ما هو كيميائي وفيزيائي وحراري. يستخدم المرمم العديد من الوسائل والمواد الكيميائية خلال مراحل تنظيف الحجارة الأثرية.

**الكلمات المفتاحية:** الحجارة؛ تنظيف كيميائي؛ تنظيف ميكانيكي؛ تنظيف حراري.

**Abstract:**

Archaeological stones are exposed to many degradation factors, resulting in the loss of archaeological and artistic data they conveyed, restoration interferes with the archaeological material to reduce its alterations, and cleaning is the first process in the series of treatment that applies to the altered material, there are several methods of cleaning what is chemical, physical and thermal. The restoration uses many

means and chemical products during the different stages of cleaning the archaeological stones.
**Keywords:** stones; chemical cleaning; mechanical cleaning; thermal cleaning

**مقدمة:**

تهدف المحافظة على المواد الأثرية للإبقاء على المعطيات التاريخية والأثرية والفنية التي تحملها هذه المواد، هذه الأخيرة -المواد الأثرية- ما هي في الحقيقة إلا وعاء وحاملا لمختلف المعلومات التي توفرها للباحث أو الزائر، تتعرض المخلفات الأثرية للعديد من مظاهر التلف تمنع من القراءة الصحيحة للأثر، وهو ما يصعب على الدارس للوصول للنتائج المتوخاة.

تعتبر الحجارة من بين أكثر المواد الأثرية انتشارا، وكغيرها من المواد تتعرض لعدة أنواع من التلف وأضرار، لذا فيستوجب التدخل في إطار الصيانة العلاجية للحد من التلف، وذلك من خلال عمليات مختلفة: التقوية وصل الأجزاء وملئ الفراغات، وتعتبر عملية التنظيف بمختلف أنواعها أولى عمليات علاج الحجارة الأثرية، فما هو الهدف من عملية التنظيف وما هي أنواعها وما هي الأساليب والمناهج المستخدمة في عميلة تنظيف الحجارة الأثرية؟

**1. تعريف عملية التنظيف:**

تعتبر عملية التنظيف كمرحلة أولى وأساسية لإعادة إعطاء المادة الأثرية القراءة الصحيحة والأصلية من خلال إزالة كل الشوائب والترسبات التي تشكلت بمرور الزمن وبتدخل العديد من العوامل الطبيعة أو البشرية، كما تهدف عملية التنظيف إلى إيقاف تلف المادة الأثرية من خلال إزالة المواد المتشكلة على السطح والتي قد تشكل تهديدا على الأثر.

إن الهدف من التنظيف هو إزالة المواد التي تؤدي إلى تلف الحجارة أو تمس بجانبها الجمالي، وعادة ما تتمثل هذه المواد في الأملاح القابلة للذوبان والتصلبات والغبار والسناج والكائنات الحية كالطحالب، الفطريات أو الأشنات(Lazzarini & Tabasso, 1985, p. 107).

في بعض الأحيان تؤدي عملية التنظيف إلى الإضرار بالحجارة، كإحداث شقوق وخدوش على السطح أو تنتج عنها تشكل أملاح قابلة للذوبان، ولتفادي جميع أنواع الأضرار التي قد تحدث للمادة الأصلية خلال التنظيف، يجب التقيد ببعض الشروط هي(Torraca, 1982, p. 190):

- يجب أن تكون العملية بطيئة بما فيه الكفاية للتحكم في أدائها، خاصة عند استعمال أدوات التنظيف الميكانيكي، ويكون استعمال المواد الكيميائية بأقل تركيز ممكن.
- يجب ألا يحدث التطبيق شقوقا أو خدوشا على السطح الحجارة.
- يجب ألا تؤدي العملية إلى ظهور مواد ثانوية تكون سببا في أضرار مستقبلية كالأملاح القابلة للذوبان.
- عدم المساس بالمادة الأصلية، والمحافظة على الباتينة (*Patine*)، وتفادي "تجديد" السطح.
- اجتناب استعمال المواد المضرة بالمادة الحجرية مثل الأحماض خاصة القوية منها، مثل حمض الكبريتيك ($H_2SO_4$) وحمض الكلورهيدريك ($HCl$)، والأسس (القواعد) كالبوتاس ($KOH$) والصود الكاوي ($NaOH$) ، واجتناب قدر الإمكان استعمال أدوات كاشطة كالفرش المعدنية والورق المزجج.

## 2. طرق تنظيف الحجارة الأثرية:

تقسم طرق التنظيف بحسب التقنيات والمواد المستعملة إلى أربع مجموعات رئيسة هي طرق مائية وكيميائية وميكانيكية وحرارية.

### 2-1- الطرق المائية:

تكون الطرق المائية ذات فعالية إذا كانت الترسبات ونواتج التلف تحتوي على كمية كبيرة من المواد القابلة للذوبان في الماء، النتائج المتحصل عليها ترتبط ارتباطا وثيق بأساليب وطرق الاستعمال، ومن بين هذه الطرق لدينا:

- **طريقة الغمر:**

هذه الطريقة تستخدم للقطع الصغيرة والتحف التي يمكن إدخالها في إناء أو حوض، شريطة أن تكون مادتها في حالة حفظ حسنة، تغمر القطعة في ماء منزوع الأيونات (*Eau déionisée*)، ولإعطاء العملية فعالية أكبر ينصح بتمرير الماء على شكل تيار متجدد، إذا كانت الحجارة تحتوي على كمية كبيرة من الأملاح وفي حالة حفظ سيئة، فإن غمرها يحدث ضغط ميكانيكي على جدران المسامات، مما يؤدي إلى ظهور تصدعات وشقوق في الحجارة(Torraca, 1986, p. 85) .

- **طريقة رش القطيرات (*Nébulisation*):**

يتم رش الماء عبر ثقوب صغيرة على الحجارة، ليتشكل ضباب مشبع بقطيرات دقيقة تسقط ببطء على السطح بحيث لا تحدث أي تأثير ميكانيكي، تملك هذه القطيرات مساحة خصوصية كبيرة وبالتالي مساحة توضع كبيرة، ولجعل الماء أكثر فعالية ينصح استعمال الماء منزوع الأيونات، والذي يمكن استرجاعه وإعادة استعماله بتمريره عبر طبقة من راتنج مبادل للأيونات(Froidevaux, 1985, p. 21).

اقترح الباحث "بوشان" (*Pouchain*) طريقة تتم من خلالها إزالة الترسبات المكونة من الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) من سطح الحجارة الكلسية، وذلك بتمرير الماء المسترجع من الرش عبر طبقة من راتنج مبادل للأنيونات لديه القدرة على حبس أيونات الكبريتات ($SO^{-2}$)، وتحرير أيونات البكربونات ($HCO_3^-$)، التي تشكل كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) عند ملامستها لسطح الحجارة(Tobasso, 1982, p. 212)

- **طريقة الضمادات الماصة:**

إن استعمال الضمادات يطيل من اتصال الماء بسطح الحجارة بتغلغل أقل، يتم تغطية الضمادة بعد تطبيقها بواسطة ورقة من البلاستيك أو الألمنيوم لمنع التبخر، بعد مدة زمنية تنزع الورقة العازلة وتترك الضمادة إلى أن تجف، تبخر الماء يؤدي بالمواد المنحلة للانتقال من سطح الحجارة إلى الضمادة.

تكون الضمادة عبارة عن مواد ليفية مستطربة (*Hygroscopique*) مثل عجينة الورق أو الخشب، لباب السليلوز أو القطن، تبلل هذه المواد بماء منزوع الأيونات. كما تستعمل أيضا ضمادات من أنواع الطين التي له قابلية كبيرة للامتصاص مثل السيبيوليت (*Sépiolite*) والأتبيلجيت (*Attapulgite*).

يعتبر استعمال الضمادات طريقة فعالة لإزالة الأملاح القابلة للذوبان، يتم تطبيق الضمادة عدة مرات، ويمكن متابعة مسار العملية بقياس الناقلية الكهربائية للماء المستخلص من الضمادة، في البداية تنخفض الناقلية بسرعة، ثم تأخذ مسارا ثابتا عند قيمة معينة عند نهاية العملية، أي توقف هجرة الأملاح من الحجارة إلى الضمادة. (Arnold, 1996, p. 18).

### 2-2- الطرق الكيميائية:

- **العجائن الهلامية المذيبة:**

نحصل على عجائن هلامية مذيبة بإضافة مميّع هلامي (مكثّف) لمحلول قاعدي ضعيف، تعتبر مدة تطبيق هذه الطريقة طويلة إذا ما قورنت بطريقة رش أو طلي المحلول القاعدي مباشرة على سطح الحجارة، إلا أنها تمتاز بتغلغل قليل للمحلول، ومن بين أكثر العجائن استعمالا هي عجينة (*AB 57*) والمكونة من:

- ماء منزوع الأيونات 1000 ملل
- بكربونات الأمنيوم 30 غ
- بكربونات الصوديوم 50 غ
- ملح صودي (*EDTA*) 25 غ
- كربوكسيل ميثيل السليلوز 50 غ

هذا المركب له (*pH*) في حدود 7.5 لوجود بكربونين، وقاعدية العجينة تساعد في إزالة بعض الأملاح كالجبس مثلا، في بعض الأحيان يمكن حذف بكربونات الأمونيوم من اللائحة للحد من خطر انتقال أيونات الصوديوم إلى السطح(Lazzarini & Tabasso, 1985, p. 135).

يؤدي استعمال الملح الصودي (*EDTA*) إلى ذوبان بعض الأملاح خاصة الكلسية منها، وهذا ما يؤثر على الحجارة الكلسية والرخام، فإذا تطلب الأمر استعماله في معالجة الحجارة المشكلة من كربونات الكالسيوم فيجب استعماله بتركيز أقل. كما يمكن استبدال المميع الهلامي كربوكسيل مثيل السليلوز بعجينة الورق أو القماش أو بمسحوق السيليس (*Silice micronisée*) (Torraca. 1986, p. 86).

للحصول على نتائج جيدة عند تطبيق العجينة (*AB 57*) أو عجائن أخرى معدلة يجب تركها على سطح الحجارة لمدة زمنية تتراوح ما بين نصف ساعة إلى 24 ساعة، ويمكن إجراء عدة تطبيقات حسب الحالة، وعند إتمام العملية يجب غسل المساحة المعالجة بشكل جيد. بالرغم من أن هذه العملية أظهرت نتائج جيدة، إلا أنه ينصح عدم تطبيقها على الحجارة ذات نفاذية عالية، والتي لها حالة حفظ سيئة إلا بعد معالجتها بمواد عازلة للرطوبة أو مواد مقوية.

- **الرواتنج المبادلة الأيونات:**

يستعمل هذا النوع من الرواتنج لإزالة الترسبات الفلزية المتكونة على سطح الحجارة، هذه المواد عبارة عن جزيئات غير قابلة للذوبان في الماء ولها خاصية مبادلة الأيونات من نفس الشحنة مع مواد أخرى في الوسط المائي(Himeur, 1970, p. 13).

في الغالب تستعمل رواتنج كتيونية - أي مبادلة للكتيونات- ذات الصيغة الكيميائية *(R–SO3–H)* التي لها قدرة كبيرة في مبادلة الكتيونات مثل: *K+,Na+,Mg2+,Ca2+* . ومن أهم الرواتنج المبادلة للأيونات التي تستعمل في مجال صيانة وترميم الحجارة راتنج "أمبرليت" (*Ambérlite*) (Himeur, 1970, p. 26).

تستعمل المواد المبادلة للأيونات على شكل عجينة مكونة من مسحوق الراتنج وماء منزوع الأيونات، يكون تطبيقها مقتصرا فقط على الترسبات وتفادي قدر الإمكان اتصالها بالحجارة كي لا تتفاعل مع الفلزات المشكلة للسطح.

**الصورة رقم 01: عملية تطبيق راتنج "امبرليت" *(Ambérlite IR)* (عن: المؤلف.)**

- **مركبات التنظيف الكيميائية:**

لإزالة البقع التي يخلفها النحاس مثل الملاكيت (*Malachite*)، يطبق محلول مائي مكون من:

- حمض السولفاميك 10٪.
- بكربونات الأمونيوم بين 2 و10٪.

عادة ما يستعمل المحلول على شكل عجينة وهذا بإضافة مواد مكثّفة. ولإزالة البقع التي يخلفها الحديد، يمكن استعمال عجينة انطلاقا من أحد المحاليل التالية:

- بلورات أوكسلات البوتاسيوم المنحلة في الماء.
- محلول مائي (EDTA) بتركيز 10%.

المحلولين الأخيرين يؤثران على المواد التي تحتوي على الكالسيوم، لذا فهما يستعملان للحجارة السيليسية، وإذا استدعى

الأمر تطبيقهما على الحجارة الكلسية فيجب تطبيقهما بعناية فائقة(Tobasso, 1982, p. 261).

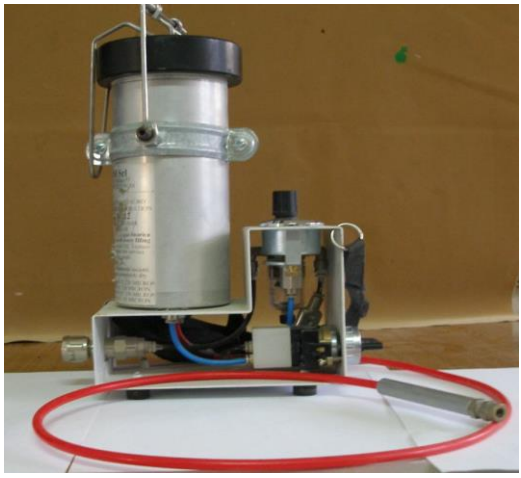
## 3-2 الطرق الميكانيكية:

- **الميكروترميل (*Micro-sablage*):**

تستخدم آلة الميكرومرملة القوة الكاشطة للجزيئات المستعملة، ويحدد مفعول هذه العملية المعايير التالية:

- قساوة، حبيبية، وشكل الجزيئات الكاشطة.
- قوة الضغط المستعمل.
- مسافة القذف.
- قطر فتحة القذف.

يؤدي استعمال الرمل أو حبيبات الكوارتز إلى فقدان كبير في المادة الحجرية، يستعمل حاليا مساحيق أقل قساوة مثل كربونات الكالسيوم، الألومين والزجاج، وتكون حبيبات هذه المواد ذات شكل كروي للخفض من حدة الكشط، كما يمكن استعمال مسحوق من نفس نوع الحجارة المعالجة. (Lazzarini & Tabasso, 1985, p. 114)



**الصورة رقم 2:**
**الميكرومرملة المستعملة فيالتنظيف الميكانيكي**
**(عن: المؤلف)**

- **الوسائل اليدوية:**

يمكن استعمال حسب الحاجة مختلف الأدوات التي يمكن بواسطتها القيام بعمليات تنظيف ميكانيكي ملائم، الشرط الأساسي عند استعمال أي أداة هو عدم المساس بالمادة الأصلية ويكون مفعول الكشط مقتصرا على التصلبات والترسبات فقط ولا يتعداه إلى سطح الحجارة، ومن بين الأدوات التي ستخدم المحفار(*Fraise*)، أزاميل صغيرة (Petits burins)، مشارط (*Bistouris*) ...الخ.

**الصورة رقم3: مشارط وملاوق تستعمل في التنظيف الميكانيكي.**
**عن: المؤلف.**

**2-4- الطرق الحرارية:**

- **أشعة الميكروموجات (*Micro-ondes*):**

تستعمل أشعة الميكروموجات كطريقة لاستخلاص الأملاح القابلة للذوبان خاصة منها الموجودة في النواة وفي الطبقات الداخلية للحجارة، حيث تبين عند تعريض الحجارة المشبعة بالرطوبة - تغمر القطعة الحجرية في الماء قبل البدء في العملية- لهذا النوع من الأشعة ذات التردد الصغير جدا أن درجة حرارة نواة الكتلة الحجرية ترتفع بوثيرة أسرع منها في الأجزاء الخارجية، وتصل إلى حدود درجة الغليان وتستقر عند هذا المجال الحراري، هذا التفاوت في الحرارة بين مختلف أجزاء

الحجارة يؤدي إلى انتقال الماء الموجود بداخل الحجارة نحو الخارج، ويكون هذا الماء محملا بالأملاح الذائبة، إن انتقال الماء في داخل الحجارة يكون في مرحلة التي ترتفع فيها درجة الحرارة التي تسبق حالة الاستقرار(Heng, 1996, pp. 78-79).

- **أشعة الليزر:**

تستعمل أشعة الليزر (*Laser*) في إزالة الترسبات السوداء أو ما يعرف بالقشرة السوداء (*Croûte noire*) التي تتشكل على سطح الحجارة خاصة في المناطق العمرانية التي تكون نسبة التلوث فيها مرتفعة، وتقوم هذه الطريقة على مبدأ (*Photoablation*)، حيث تؤثر الأشعة الممتصة على القشرة حراريا وميكانيكيا. ترتفع درجة حرارة المساحة المعالجة -التي غالبا لا تتعدى 1سم$^2$ - بشكل سريع، حيث يمكن أن تتجاوز 1000°م في أجزاء من الثانية، مما يؤدي إلى تغيير في طبيعة القشرة السوداء، كما أن هذه التغييرات التي تسببها أشعة الليزر تعمل على إحداث موجات صوتية تؤدي بدورها إلى تفكك عناصر القشرة. (Bormblet & Viewger)

**الصورة رقم 4، 5: استعمال تقنية الليزر (تنظيف حراري)**

**عن: (Bormblet & Viewger, 2005).**

يمكن لعوامل مثل مدة انبعاث الأشعة، طبيعة المواد ووجود الماء أن تحدد أحد نوعي التأثير الحراري أو الميكانيكي، فإذا كانت مدة الانبعاثات طويلة أي بسلم الميكروثانية فهذا يحفز التأثير الحراري، وإذا كانت قصيرة بسلم بيكوثانينة عندها تحفز التأثير الميكانيكي. إن اختلاف الخصائص بين القشرة وسطح الحجارة يعد عاملا أساسيا في نجاعة العملية، فلا بد أن يقتصر تأثير الطاقة الليزر على القشرة دون المساس بسطح الحجارة وكذا الباتينة. ويلعب لون هذه المواد دورا أساسيا بسبب خاصية العاكسية، حيث أن الحجارة والباتينة لهم لون فاتح مقارنة مع لون القشرة السوداء، إضافة أن لهما كثافة أكبر بكثير من كثافة القشرة، كما أن وجود الماء في القشرة يرفع من وثيرة التأثير الميكانيكي للأشعة، وهذا بسبب التبخر المفاجئ والسريع للماء تحت تأثير الليزر، حيث ينتج عنه زيادة في تطاير العناصر المكونة للترسبات، ولهذا السبب يلجأ إلى تبلبل القشرة بالماء قبل القيام بالعملية. (Lazzarini & Tabasso, 1985, pp. 143-145)

تختلف تقنية الليزر عن باقي طرق التنظيف في كونها تستعمل طاقة ضوئية بدل مواد قد يكون لها تأثير سلبي على الحجارة مثل الماء، الأحماض، الأسس أو المواد الكاشطة، إلا أن تكلفتها الباهظة تحد من انتشارها.

### 3. إزالة الكائنات الحية:

يمكن إزالة الكائنات الحية الذي تسبب التلف من سطح الحجارة بطرق ووسائل مختلفة، إلا أن هذه العملية لا تحل المشكلة نهائيا، حيث تعود هذه الكائنات للنمو من جديد بتوفر شروط ملائمة. فبالنسبة للمواد الأثرية الموجودة داخل الأماكن المغلقة يكون التحكم

في الشروط المناخية من أهم الطرق للوقاية من التلف البيولوجي. من بين أهم الطرق المستعملة في عملية إزالة الكائنات الحية هي:

### 1.3. الطرق الميكانيكية:

لما تكون الكائنات على شكل طبقات على سطح الحجارة يتم نزعها باستعمال أدوات بسيطة كالمشرط أو ملوق، وفي حالة ما إذا كانت هذه الطبقات صلبة مشكلة خاصة من الأشنات يمكن تطبيق محلول قاعدي مثل محلول الأمونياك بتركيز 5% وذلك قصد تليينها قبل عملية الإزالة الميكانيكية (Torraca, 1986, p. 51).

### 2.3. الطرق الفيزيائية:

تعتمد هذه الطرق على استعمال أشعة إلكترومغناطيسية للقضاء على الكائنات الحية، التي تتخذ من الحجارة الأثرية وسطا لنموها، تستعمل الأشعة فوق البنفسجية (*UV*) التي لها القدرة على تدمير الأحماض النووية للخلايا الحية (*ADN*)، كما تستعمل أيضا أشعة الميكروموجات التي يؤدي تطبيقها إلى ارتفاع كبير في درجة حرارة الكائنات الحية مما يؤدي إلى تدمير خلاياها. (Caneva & Salvadori, 1982, p. 162)

### 3.3. الطرق الكيميائية:

تعتبر الطرق الكيميائية من أكثر الطرق المستعملة للتخلص من الكائنات الحية المسببة في تلف المواد الحجرية، وتطبق عدة أنواع من المبيدات الحيوية (*Biocides*) بحسب الكائنات، فتستعمل مبيدات الفطريات (*Fongicides*) للقضاء على الكائنات غير ضوئية التغذية كالفطريات والأنتينوميسات، ومن أهم أنوع هذه المبيدات فليورير الصوديوم (*Fluorure de sodium*) الذي يستعمل بتركيز أقل من 4%، ويستعمل أيضا محلول كلوروفينولات الصوديوم الخماسي (*$C_6Cl_5ONa$*)

(*Pentachlorophénolate de sodium*) وكذا محلول الفورمالين (*Formaline*)، وتستعمل مبيدات الطحالب (*Algicides*) للقضاء على الطحالب والأشنات، من بين أهم المواد المستعملة لهذا الغرض أملاح الصوديوم ومركبات الأمونيوم الرباعي، أما بالنسبة للنباتات تستعمل مبيدات الأعشاب (*Herbicides*). (Caneva & Salvadori, 1982, pp. 163-164).

**خاتمة:**

تكتسي عملية التنظيف أهمية كبيرة في علاج المواد الأثرية، فهي تعتبر عملية حاسمة لإعادة القراءة الصحيحة والأصلية للأثر، بالإضافة لكون التنظيف السليم يمنع حدوث تفاعلات كيميائية وفيزيائية قد تؤثر سلبا على المادة الأثرية، وذلك من خلال إزالة كل المواد التي تترسب على سطح الأثر أو التي قد تتغلغل إلى عمق المادة عن طريق الشبكة المسامية لهذه الأخيرة.

عند القيام بأي تدخل فإنه من الواجب معرفة الطرق والمناهج التي تكون ملائمة للمادة الأثرية التي بين أيدينا، لأن النتائج المتحصل عليها ليست مرتبطة فقط بطبيعة الطرق العلاجية المطبقة بل هي مرتبطة أيضا بالخصائص البنيوية والفلزية للحجارة المعالجة، درجة تلفها وشروط محيطها. كما أن لطريقة الاستعمال دور مهم في نجاح أي تطبيق، فإذا أسيء استعمال أي تطبيق بالرغم من كونه ملائما لحالة المادة الحجرية المعالجة فإن النتائج المتحصل عليها تكون غالبا غير مرضية -يعتبر التنظيف عملية مهمة في المحافظة على المعطيات الأثرية والفنية التي تحملها الحجارة التي ما هي إلا حاملا لهذه المعطيات التي يوظفها الباحث أثناء أبحاثه التاريخية والأثرية.

## قائمة المصادر والمراجع:

1-Arnold (A), 9-10 mai 1996, ***Dessalement des matériaux poreux***, ***7éme journées d'étude de SFIIC***, Poitiers, imprimerie Darantiere, Paris 1996.
2-Brormblet (P) et Viewger (T), 2005. « *Le laser de nettoyage de la pierre et la restauration des sculptures* », In: ***Pierre actual***, n° 829, Paris
3-Froidevaux (Y.M), 1985 .**Techniques** ***de l'architecture ancienne : construction et restauration***, pierre MARDAGA éditeur, Paris, p. 21.
4-Heng (V), 1996. « *Migration de l'eau dans les roches sous micro-ondes en vue du dessalement des pierres de tailles* », in ***Le dessalement des matériaux poreux***, 7éme journées d'étude de SFIIC, Poitiers, 9-10 mai 1996, imprimerie Darantiere, Paris.
5-Himeur (M), 1970.***Résines échangeuses d'ions***, éditions populaires de l'armée, Alger, p. 13.
6-LazzarinI (L), 1985. Tabasso (L), ***Il restauro della pietra***, CEDAM, Milani.
7-Torraca (G), « *Philosophie générale de la conservation de la pierre* », in ***La dégradation et la conservation de la pierre, texte des cours internationaux de Venise sur la restauration de la pierre***, publié sous la direction de Lazzarini (L) et Pieper (R), UNESCO, 1982.
8-Torraca (G), ***Matériaux de construction poreux***, traduit par Di Matteo (C), ICCROM, Rome 1986.