

Etude et bilan bibliographique des traitements  
aqueux utilisés pour le nettoyage des sculptures  
non polychromes en calcaire ou en marbre en  
milieu muséal.

Etude réalisée à la demande de  
L. Mailho Chef du département Restauration  
et A. Gérard, chef de la filière sculpture

C2RMF département Restauration

**Anne Liégey** Restauratrice de sculptures

---

12, rue Jean Baptiste Potin 92170 Vanves

06 21 11 66 11

*anne.liegey@wanadoo.fr*

N° de SIRET : 405 263 237 00035

# Sommaire

<b>Introduction</b>	p.4
<b>I. Le nettoyage. Pourquoi ? Comment ?</b>	p.4
<b>II. Principe de l'action de l'eau</b>	p.5
<b>III. Mélanges aqueux répertoriés</b>	p.5
1) Eau + tensio-actif	p.6
2) Eau + sels alcalins	p.6
• Eau + carbonate d'ammonium	
• Eau + bicarbonate d'ammonium	p.6
3) Eau + complexants ou agents chélatants	p.7
• Eau + EDTA	p.7
• Eau + TAC	p.7
4) Eau + complexants + sels alcalins	p.7
• Le mélange AB 57 ou la « pâte Mora »	p.7
• Eau + EDTA+ bicarbonate d'ammonium	p.8
<b>IV. Mise en œuvre du nettoyage aqueux</b>	p.8
1) L'eau liquide	
a) Nébulisation	p.8
b) Vapeur d'eau sous pression	p.8
2) Les compresses	p.9
3) Les gels	p.9
• Les gels pâteux	p.9
• Les gels solides	p.10
4) Les résines échangeuses d'ions	p.10
<b>V. Incidence des méthodes de nettoyage sur le calcaire et le marbre</b>	p.10
• Conséquences de l'utilisation de l'eau seule	p.10
• Conséquences de l'utilisation de l'eau + tensio-actifs	p.10
• Conséquences de l'utilisation du carbonate d'ammonium	p.11
• Conséquences de l'utilisation du bicarbonate d'ammonium	p.11
• Conséquences de l'utilisation de l'EDTA	p.11
• Conséquences de l'utilisation du TAC	p.11
• Conséquences de l'utilisation de la solution AB 57	p.11
• Apparitions d'efflorescences blanches	p.12

<b>VI. Les dossiers de restauration consultés</b>	p.12
Le nettoyage des sculptures en calcaire	p. 13
Le nettoyage des sculptures en marbre	p. 15
<b>Conclusion, bilan et perspectives</b>	p.17
<b>Bibliographie</b>	p.18
<b>Annexe 1</b>	
<b>Recensements de nettoyages aqueux sur des œuvres en calcaire</b>	
<b>Annexe 2</b>	
<b>Recensements de nettoyages aqueux sur des œuvres en marbre</b>	

## Introduction

Les interrogations quant à l'action de l'eau ou d'un mélange eau/produit chimique sur la pierre calcaire ou le marbre ou les conséquences de leur utilisation sont récurrentes dans la pratique de la conservation restauration.

Le but de ce travail<sup>1</sup> est d'établir un état des lieux sur les techniques de nettoyage aqueux et leurs conséquences, pour les pierres calcaires et le marbre non polychromes en milieu muséal<sup>2</sup>, à partir de la bibliographie depuis 1980, des études préalables et des rapports de restauration<sup>3</sup>. En incluant, le cas échéant, des analyses et des examens avant et après nettoyage.

### I. Le nettoyage. Pourquoi ? Comment ?

Les encrassements sont le résultat de dépôts accidentels ou involontaires et de dépôts volontaires réalisés pour embellir ou protéger la sculpture.

Parmi les dépôts accidentels, la poussière qui peut s'accumuler et former une couche de crasse adhérente, les micro-organismes (mousses, lichens...) forment une couche en surface de la pierre ou partiellement incrustée dans le cas de lichens, les produits dus à l'utilisation d'un lieu par l'homme, la suie, la pollution qui entraîne le développement des croûtes noires...

Les matériaux issus de dépôts volontaires sont bien souvent la cire posée pour embellir l'œuvre, un jus coloré pour masquer des altérations et uniformiser l'aspect général de l'œuvre ou des résidus de traitement de restauration ou de moulage...

Qu'ils soient volontaires ou accidentels, ces dépôts changent l'aspect de l'œuvre et peuvent contribuer à transformer l'épiderme sous-jacent de la pierre. Ils forment également ce que l'on nomme communément la patine. Pour Paul Philippot, la patine constitue toutes les altérations dues au vieillissement normal de la matière, c'est aussi un voile qui enlève à l'œuvre son caractère matériel<sup>4</sup>. Elles sont également définies comme naturelles, dues à un encroustement ou un recouvrement qui se forme « sans intervention humaine directe » ou artificielles dues à une action humaine, délibérée ou non<sup>5</sup>. Ainsi, le nettoyage d'une œuvre est décidé pour éliminer les dépôts divers et retrouver la lisibilité des volumes et de la matière.

Choisir la méthode adaptée est une décision délicate. Les paramètres à considérer sont :

- la composition du substrat,
- l'état de conservation de l'œuvre,
- la nature des produits à éliminer et la quantité de surface<sup>6</sup>.

Ces trois points sont essentiels. En effet, la méthode de nettoyage ne doit pas endommager le substrat et doit tenir compte de son état de conservation. De plus, il est important d'établir en amont qu'aucune matière originale n'est contenue dans la couche que l'on souhaite éliminer, qu'elle n'est composée que de salissure et de produits d'interventions postérieures<sup>7</sup> à la création de l'œuvre. En ce sens la présence de cire en surface d'une sculpture du XIX<sup>ème</sup> siècle, par exemple, doit faire l'objet d'une recherche préalable pour s'assurer qu'elle n'est pas une volonté du sculpteur. En effet, une fois la pellicule de crasse éliminée, il est impossible de revenir en arrière, le nettoyage est une intervention irréversible.

---

<sup>1</sup> Ce travail m'a été confié par Mesdames L. Mailho et A. Gérard. Je les remercie sincèrement pour leur confiance et leurs conseils.

<sup>2</sup> Si notre travail s'intéresse particulièrement aux sculptures conservées en musée, nous nous sommes aussi appuyée sur les publications et les rapports des Monuments Historiques.

<sup>3</sup> Nous remercions vivement les Service de Documentation du C2RMF et du L.R.M.H. ainsi que Madame S. Deschamps-Tan pour leur aide et leur disponibilité.

<sup>4</sup> Philippot P., 1966.

<sup>5</sup> Vergès-Belmin V., Bromblet Ph., 2000, p. 226-229

<sup>6</sup> Vergès-Belmin V., Bromblet Ph., 2000 ; Laurenzi Tabasso M., 1995, Ashurst N., 1994...

<sup>7</sup> Notons qu'aujourd'hui certaines interventions de restauration anciennes sont conservées car elles appartiennent à l'histoire de l'œuvre.

## II. Principe d'action de l'eau

L'eau est le solvant universel. A priori « inoffensive », elle peut avoir un impact important sur une pierre. « L'eau agit chimiquement par dissolution complète ou partielle des salissures indurées et par lessivage des salissures meubles »<sup>8</sup>.

La première qualité de l'eau est d'être très polaire, d'avoir la capacité de dissocier un matériau en anions et cations. Ainsi, lorsque l'on est en présence d'un encrassement sensible à l'eau, « elle joue un rôle primordial en réduisant de façon importante le travail nécessaire pour éliminer la force d'adhésion de nombreuses particules de salissure »<sup>9</sup>. Elle va casser les liaisons ioniques de l'encrassement, permettant ensuite d'éliminer la salissure en la ramassant avec un coton, une éponge.

Mais, toutes les salissures ne sont pas directement solubles dans l'eau. Pour les éliminer, il faut les amollir, les disperser ou les « séquestrer » et donc combiner l'action de l'eau à celle d'autres produits chimiques, tensio-actifs, bases faibles, complexants, tous mis en œuvre selon des techniques variées, parfois adaptées en fonction de la taille de la surface à traiter.

## III. Mélanges aqueux répertoriés

Pour avoir une action plus grande que celle de l'eau et avant de recourir aux mélanges aqueux, les restaurateurs utilisent souvent la salive naturelle.

Avec un pH compris entre 6,8 et 7,4, elle est principalement composée d'eau et d'un mélange complexe de substances, des protéines et des acides aminés, des ions métalliques, des enzymes<sup>10</sup>. Ses différents composants ont tous une action qui permet de solubiliser, de disperser ou de complexer la crasse pour l'éliminer ensuite au coton<sup>11</sup>.

Le plus souvent, elle est utilisée pour nettoyer de la polychromie<sup>12</sup>, de la dorure ou des œuvres réalisées dans un matériau sensible à l'eau comme les albâtres ou les ivoires. Plus ponctuellement sur des œuvres non polychromes. Dans ce cas, le restaurateur recherche plutôt une manière d'uniformiser certaines zones ou de pousser ponctuellement le nettoyage<sup>13</sup>.

Mais, si la crasse présente est tenace, les restaurateurs ajoutent à l'eau des produits chimiques qui vont agir physiquement ou chimiquement sur la crasse.

### 1) Eau + tensio-actif

Un tensio-actif modifie la tension superficielle de l'eau, diminue l'angle de contact entre l'eau et la surface à nettoyer, augmente son pouvoir mouillant et permet ainsi de dissocier une salissure.

Les tensioactifs sont des produits dont une partie est polaire et hydrophile et l'autre apolaire ou de type hydrocarboné, présentant ainsi des affinités avec les surfaces grasses<sup>14</sup>. Il y a de nombreux types de tensioactifs dont les qualités hydrophiles ou lipophiles varient<sup>15</sup>. L'efficacité des tensio-actifs augmente avec le pH<sup>16</sup>. Pour la pierre ce sont les tensio-actifs anioniques qui sont conseillés<sup>17</sup>.

Il est également possible de jouer sur la concentration du tensio-actif, qui lorsqu'elle augmente conduit à la formation de micelles qui vont influencer les propriétés physiques du mélange, viscosité,

---

<sup>8</sup> Vergès-Belmin V., Bromblet Ph., 2000 p 244

<sup>9</sup> Wolbers R., 2013, p. 17

<sup>10</sup> Wolbers R., 2013, p. 18 ; Cremonesi, 2002, p. 73-75.

<sup>11</sup> Wolbers R., 2013, p. 19

<sup>12</sup> Berson F., 1994

<sup>13</sup> Il existe également de la salive synthétique mais Nous n'avons pas trouvé mention de son utilisation dans les rapports consultés.

<sup>14</sup> Wolbers R., 2013, p. 39

<sup>15</sup> Wolbers R., 2013, tableau 3.1 p. 41

<sup>16</sup> Burnstock & Learner 1992. Des produits commerciaux tel que le Decon® ou le Contrad® 2000 ont des pH autour de 13

<sup>17</sup> Bromblet Ph., 2010. Un des plus connus est le Triton® X-100

tension superficielle, conductivité et permettre d'avoir une meilleure action sur les films hydrophobes<sup>18</sup>. Cette propriété n'est quasiment pas utilisée dans le cadre des nettoyages des calcaires ou des marbres non polychromes d'ailleurs nous n'avons trouvé qu'une seule mention d'utilisation de tensio-actif dans les rapports consultés.

## 2) Eau + sels alcalins

Les deux sels alcalins régulièrement utilisés dans le nettoyage de la pierre sont le carbonate et le bicarbonate d'ammonium. Ils se présentent tous deux sous la forme d'une poudre blanche qui se dissout complètement dans l'eau pour donner une solution alcaline.

Ils sont principalement utilisés pour éliminer la croûte noire ou la ramollir et l'enlever partiellement avant un micro-sablage. Le pH basique de la solution permet également d'agir sur les matières grasses et les huiles en les hydrolysant partiellement, pour éliminer ensuite ces dépôts. Mais ce de manière plus ou moins efficace en fonction de leur pénétration dans la porosité de la pierre.

- Eau + carbonate d'ammonium

Après dissolution du carbonate d'ammonium,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , l'on obtient une solution basique avec un pH autour de 9.

A priori il ne présente aucun danger puisqu'à température ambiante le carbonate d'ammonium forme des produits volatils, de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. Cette décomposition est complète après plusieurs mois<sup>19</sup>. Il est parfois utilisé en solution saturée (plus de 100 gr/l) pour avoir une action rapide sur le substrat et éviter un contact trop long entre la solution basique et le calcaire ou le marbre.

Pourtant ce produit peut avoir un effet néfaste si la pierre n'est pas suffisamment rincée après l'application mais aussi en fonction de la porosité de la pierre et de l'absorption du produit<sup>20</sup>.

- Eau + bicarbonate d'ammonium

Le bicarbonate d'ammonium ou hydrogénocarbonate d'ammonium,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , une fois mélangé à de l'eau donne une solution de pH de 7,9 et ce quelle que soit la concentration en bicarbonate d'ammonium<sup>21</sup>.

Il est utilisé dans les mêmes conditions et pour répondre aux mêmes demandes que le carbonate d'ammonium mais une attention supplémentaire est nécessaire car lorsque la concentration en bicarbonate d'ammonium augmente, le calcaire est attaqué voire partiellement solubilisé<sup>22</sup>. Ceci est sans doute dû à la présence d'ions  $\text{NH}_4^+$  libérés lors de la réaction et qui donnent un caractère acide à la solution, attaquant ainsi le carbonate de calcium.

## 3) Eau + complexants ou agents chélatants

Les complexants ou agents chélatants sont des composés organiques sous forme d'anions, capables de créer une liaison avec un cation métallique<sup>23</sup>. Ils forment ainsi un complexe soluble dans l'eau. Grâce à la réaction entre l'anion organique et le cation métallique ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ...) contenu dans l'encrassement, ces produits agissent indirectement sur le dépôt et peuvent ainsi l'amollir. Leur efficacité à complexer tel ou tel cation varie en fonction du pH<sup>24</sup>.

---

<sup>18</sup> Wolbers R., 2013, p. 42

<sup>19</sup> Matteini M., 1987

<sup>20</sup> Alonso Campoy M., Rorelli E.

<sup>21</sup> Boursier H., 1993, p. 190

<sup>22</sup> Boursier H., 1993, p. 202

<sup>23</sup> Boulard C. de, 2005, p. 6.

<sup>24</sup> Jourdain-Tréluver V., 1991.

- Eau + EDTA

L'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA),  $C_{10}H_{16}N_2O_8$ , est utilisé en conservation-restauration sous ses formes di-sodique ou tétra-sodique. Complexant du fer ou du cuivre, il est utilisé pour éliminer ou atténuer des taches d'oxyde métalliques dans la pierre.

Mais l'EDTA est également un complexant du calcium. Il doit donc être utilisé avec précaution sur une roche carbonatée car il aura impact plus important sur le carbonate de calcium que sur le sulfate de calcium sous forme de gypse<sup>25</sup>.

- Eau + tri-ammonium citrate

Le tri-ammonium citrate (TAC),  $(NH_4)_3C_6H_5O_7$ , est utilisé depuis longtemps pour le nettoyage des couches picturales recouvertes ou non d'un vernis. C'est dans ce domaine qu'il a principalement été étudié. Il est mentionné dans quelques articles pour le nettoyage des pierres calcaires. Une recherche plus récente a tenté d'évaluer son action sur la surface du marbre et de la comparer à celle de l'EDTA<sup>26</sup>. Elle montre que les compresses de TAC sont dans tous les cas moins agressives que des compresses d'EDTA et ce quel que soit la concentration de ce dernier<sup>27</sup>.

En effet, comme l'EDTA, il peut former des complexes avec les ions calcium et potentiellement endommager le substrat.

Nous n'avons trouvé aucune mention de son utilisation dans les rapports que nous avons consultés.

#### 4) Eau + complexant + sels alcalins

- Le mélange AB57 ou la « pâte Mora »

Il a été mis au point par P. et L. Mora pour éliminer les croûtes noires<sup>28</sup> ou en réduire la dureté avant un micro sablage<sup>29</sup> et pour le nettoyage des peintures murales. Dans la première formulation la composition du mélange était la suivante :

- eau distillée 1l.
- bicarbonate d'ammonium 30 gr
- bicarbonate de sodium 50 gr
- EDTA di sodique 25gr
- Tensio-actif 10 ml
- Carboxy méthyl cellulose 60gr.

La présence de bicarbonate de sodium risque d'entraîner la formation de sels solubles tels que des sulfates de sodium ou des chlorures de sodium<sup>30</sup>. Pour éviter le risque de formation de ces sels, la formulation du mélange a été reprise et le bicarbonate de sodium éliminé.

- Eau + EDTA + bicarbonate d'ammonium

Ce mélange est issu de la simplification de la « pâte Mora ». La combinaison des deux produits est suffisante pour avoir une action plus rapide sur une croûte noire sur une pierre calcaire ou sur un marbre qu'avec un seul sel alcalin et ce à un pH voisin de 7.

Ce mélange a aussi été utilisé sur des sculptures en marbre conservées uniquement en milieu muséal et ce pour enlever un encrassement tenace dû à des interventions de restaurations anciennes<sup>31</sup> sur lequel l'eau n'avait pas d'effet.

---

<sup>25</sup> Witte E. de, Dupas M., 1993 ; Maravelaki P. & alii, 1993

<sup>26</sup> Gervais C. & alii, 2010

<sup>27</sup> Gervais C. & alii, 2010.

<sup>28</sup> Aujourd'hui, dans ce cas de figure, le nettoyage selon la technique du laser est privilégié sur les sculptures.

<sup>29</sup> Lazzarini, Laurenzi Tabasso, 1989, p. 115

<sup>30</sup> Arnold A., Zehnder K., 1987.

<sup>31</sup> Plusieurs sculptures conservées au D.A.G.E.R. du Musée du Louvre ont été ainsi nettoyées. Cf tableau ci après.

Mais dans cas, l'EDTA di-sodique est remplacé par de l'EDTA tétra-sodique pour limiter son action sur le substrat<sup>32</sup>. Ensuite, la surface est largement rincée.

#### IV. Mise en œuvre du nettoyage aqueux

Un autre paramètre important est la mise en œuvre du produit choisi. Là aussi la prudence et la connaissance de la sculpture, du matériau, de l'état de conservation mais aussi des méthodes existantes sont importantes pour mener ce traitement dans de bonnes conditions.

Il est intéressant de noter que toutes ces techniques peuvent être mises en œuvre à des échelles variées, selon qu'elles sont appliquées sur une sculpture de musée ou sur un bâtiment<sup>33</sup>.

##### 1) Eau « seule »

###### a) Nébulisation

Cette technique, réservée majoritairement aux œuvres en marbre, consiste à projeter de l'eau de ville sous forme de très fines gouttelettes<sup>34</sup>, la sculpture est alors dans un brouillard d'eau pendant un temps donné. Le temps de ramollir puis d'éliminer la crasse qui mélangée à l'eau nébulisée va ruisseler progressivement au pied de l'œuvre. Il est également possible de ramollir suffisamment la crasse pour l'enlever ensuite à l'éponge.

Le principal problème de cette méthode est l'importante quantité d'eau qui pénètre dans la porosité de la pierre<sup>35</sup>. Cette technique pour le nettoyage des œuvres de musées est quasiment abandonnée à notre connaissance.

###### b) Vapeur d'eau sous pression

Ce procédé, utilisé pour les marbres ou les calcaires cristallins, consiste à projeter de la vapeur chaude à la surface de la pierre en faisant varier la pression et la distance de la buse pour éliminer la crasse après qu'elle a été ramollie ou pour rincer la sculpture. Il est mentionné fréquemment dans les rapports depuis une vingtaine d'années. Une étude menée au British Muséum<sup>36</sup> a montré que l'utilisation prudente de cette technique (faible pression et respect d'une distance entre 5 et 10 cm de la surface) ne provoquait pas d'altération de l'état de l'épiderme de la pierre.

En revanche, cette technique n'est vraiment fiable que lorsque la crasse a été ramollie préalablement. Une utilisation directe de vapeur chaude sur une pierre encrassée nécessite une pression plus forte et le passage répété sur une même zone pour obtenir un résultat satisfaisant. Le risque est alors de faire sauter des cristaux de marbre mais aussi d'avoir des limites de nettoyage.

Il est donc préférable d'agir sur l'encrassement dans un premier temps pour l'éliminer ensuite à l'éponge par exemple et utiliser la vapeur sous pression pour parfaire le nettoyage et rincer la pierre.

##### 2) Les compresses

La compresse permet un contact prolongé de l'eau ou de tout mélange aqueux avec l'épiderme de la pierre. En contact étroit avec la surface, le solvant va ramollir la couche d'encrassement, le dissoudre ou le disperser pour qu'elle puisse ensuite être éliminée. Le temps de pose est décidé lors des tests préalables. L'autre avantage de la compresse est une répartition homogène du solvant en surface conduisant à une meilleure homogénéité dans le niveau de nettoyage.

---

<sup>32</sup> Cf ci-dessus

<sup>33</sup> Ashurst N. livre un tableau résumant les techniques disponibles et leur efficacité en fonction du substrat et du type d'encrassement, 1994, vol. 2, pp. 4 et 5

<sup>34</sup> Les termes d'eau atomisée ou de brumisation sont parfois employés pour évoquer la petitesse des gouttes d'eau.

<sup>35</sup> Vergès-Belmin V., Bromblet Ph., 2000, Bromblet Ph. 2010

<sup>36</sup> A. Méthivier, communication orale.



La composition de la compresse varie. En dehors de la feuille de papier absorbant ou de mouchoir ou de la feuille de papier japon de fin grammage, la compresse la plus simple est composée de pulpe de papier humidifiée avec le solvant choisi puis posée directement sur le substrat ou, le plus souvent, sur un papier japon servant d'interface.

L'inconvénient de l'utilisation de pulpe de papier seule est que le solvant va pénétrer dans la porosité du matériau plutôt que d'être maintenu à la surface de la pierre où il est censé avoir une action de dispersion et ce quelle que soit la longueur des fibres utilisées<sup>37</sup>.

Pour améliorer la rétention du solvant à la surface de la pierre, l'eau est additionnée d'un éther de cellulose, la carboxy méthyle cellulose (CMC), un agent épaississant. En effet, la mise en œuvre d'une solution de sels alcalins dans un gel diminue sa volatilité augmentant ainsi son efficacité<sup>38</sup>.

Une fois le pourcentage déterminé, la CMC est mise à gonfler dans de l'eau. Puis elle est appliquée sur un papier japon ou un simple papier absorbant. L'inconvénient de cette technique est que la CMC, même visqueuse, a tendance à couler et ne peut être appliquée efficacement que sur des surfaces planes. Après une telle application, le rinçage est long car il faut éliminer toute la CMC et il risque d'endommager l'épiderme à force de frottements répétés.

Pour pallier à ce problème, de la pulpe de papier peut être ajoutée à la CMC. On obtient ainsi une pâte plus compacte qui peut être posée sur des surfaces verticales. Le mélange de pulpes de papier de granulométries différentes permet d'améliorer l'efficacité de la compresse. Les fibres courtes garantissent un bon contact avec la surface et les fibres plus longues une bonne rétention du solvant<sup>39</sup>. Une fois l'encrassement ramolli ou dispersé, la compresse est retirée de la surface de l'œuvre, la crasse est ramassée à l'aide de cotons ou d'éponge puis la pierre est rincée.

Plusieurs applications de compresses peu épaisses pendant un temps limité semblent être plus efficaces que la pose d'une compresse épaisse sur une période plus longue<sup>40</sup>.

### 3) Les gels<sup>41</sup>

#### - Gels « pâteux »

L'utilisation de la CMC diffère entre les descriptions de cas pratiques dans les articles anglophones ou français. En Amérique du Nord, les gels à base de CMC sont additionnés de silice micronisée, posés sur la surface du marbre et laissés à sécher puis enlevés légèrement humides<sup>42</sup>. Laisser ainsi à sécher à la surface d'une pierre un gel de CMC risque d'entraîner des grains de pierre lorsque l'eau s'évapore et que le gel se rétracte<sup>43</sup>.

En France, pour limiter le pouvoir collant de la CMC, la rétraction du film et la traction de particules de pierre un agent inerte telle que l'attapulгите est ajouté dans le mélange<sup>44</sup>. Lorsqu'il est utilisé sur une pierre, ce type de gel est éliminé avant qu'il ne soit complètement sec.

#### - Gels « solides »

Les gels d'agars ont été utilisés sur du plâtre, de la terre cuite<sup>45</sup> ou mis en œuvre sous forme d'émulsion pour le nettoyage des peintures<sup>46</sup>. Nous n'avons trouvé qu'une mention d'utilisation de gomme gellane dans les rapports consultés.

Ces gels solides posent un problème de contact avec la surface s'ils sont utilisés après la gélification. Pour contourner cet inconvénient, l'agar agar est chauffé à 85°C puis refroidi jusqu'à

<sup>37</sup> Vergès-Belmin V., Heritage A., Bourgès A., 2011

<sup>38</sup> Khandekar N., 2004.

<sup>39</sup> Redman Ch., 1999

<sup>40</sup> De Witte & Dupas, 1992.

<sup>41</sup> Nous ne traitons ici que des gels utilisés pour le nettoyage en milieu muséal, sans tenir compte des produits commerciaux développés pour les monuments en extérieur.

<sup>42</sup> Grissom C. & alii, 1988.

<sup>43</sup> Goldberg 1989, Lauffenburger 1992

<sup>44</sup> Lorenzen, 1992

<sup>45</sup> Beaugnon D., 2015

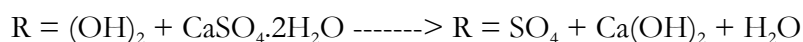
<sup>46</sup> Wolbers R 2013,

40/45°. A cette température, le gel est sous forme semi solide et peut être posé au pinceau sur la surface en épousant ainsi tout type de relief<sup>47</sup>.

Ce type de gel peut être préparé avec des solvants, des complexants ou être mélangé à des micro émulsions<sup>48</sup>. Une étude menée au LRMH a montré que sur des substrats poreux qu'il y avait un risque de résidu de gel dans la porosité<sup>49</sup>. Une autre étude montre que ces traces sont infimes et qu'il n'y a pas besoin de rinçage après l'application du gel d'agar<sup>50</sup>.

#### 4) Les résines échangeuses d'ions

Les résines échangeuses d'ions sont des matériaux solides, des polymères sur lesquels sont fixés des radicaux chargés positivement ou négativement. Le principe repose sur l'adsorption ionique, la résine doit donc être en phase aqueuse pour échanger des anions ou des cations avec le substrat en fonction de sa composition. Une résine cationique échangera des cations, des ions calcium par exemple, résine anionique échangera des anions comme des ions sulfates :



R est une résine anionique

sulfate capturé

Ce type de résine est principalement utilisé sur les peintures murales. Des tests pratiqués pour éliminer les croûtes noires sur des pierres ont montrés des résultats divers, peu satisfaisants<sup>51</sup> ou concluants<sup>52</sup>. Quoiqu'il en soit, l'élimination d'un tel encroutement est longue et irrégulière car ces résines ne sont efficaces que par contact direct.

## V. Incidence des méthodes de nettoyage sur le calcaire ou le marbre

Les paramètres pris en considération pour l'évaluation de l'innocuité du traitement de nettoyage sont la conservation du poli ou de la brillance du marbre<sup>53</sup>, l'absence d'arrachement de grains de pierre ou encore les résidus de gels sur ou dans le substrat. Ces données sont prises en comptes lors des recherches pour la mise au point de la technique de nettoyage.

Mais il arrive que des produits aient des conséquences regrettables pour la conservation de l'œuvre lors de traitement de nettoyage. Certaines ont été identifiées lors de recherches appliquées sur le produit et la technique de nettoyage. D'autres sont apparues en cours de traitement ou après la fin de la restauration.

#### • Conséquences de l'utilisation de l'eau « seule »

L'eau peut avoir des qualités différentes<sup>54</sup>. L'eau du robinet a en général un pH neutre mais selon les villes ou le jour de la semaine<sup>55</sup>, elle peut contenir plus ou moins de chlore. De même, des tests par bandelettes Merck<sup>®</sup> nous ont parfois montré que l'eau du robinet est faiblement contaminée par des nitrates. L'eau de ville est également chargée en carbonates ce qui est intéressant pour le nettoyage des marbres<sup>56</sup>.

---

<sup>47</sup> Cremonesi P., 2013

<sup>48</sup> Gorel F., 2010

<sup>49</sup> De Lera-Santini A., 2012.

<sup>50</sup> Cremonesi P., 2013

<sup>51</sup> Matteini & alii, 1995.

<sup>52</sup> Giudetti V., Uminski M., 2000.

<sup>53</sup> Lauffenburger J & alii, 1992

<sup>54</sup> La qualité de l'eau utilisée par les restaurateurs est toujours mentionnée dans les rapports.

<sup>55</sup> A Marseille lors du dessalement du Retable de Laurana les restaurateurs avaient remarqué que le jeudi l'eau était plus chlorée que les autres jours. C'était le jour de traitement de l'eau de ville. A. Wallon, communication orale.

<sup>56</sup> Cf remarque de Cl. Jaton dans le Compte-rendu de la commission de restauration réunie le 26.4.88 à Versailles pour la restauration de l'*Apollon Sauroctone*.

L'eau distillée ou l'eau déminéralisée<sup>57</sup> ont, elles, un pH légèrement acide. L'eau distillée a un pH aux alentours de 4,5 et 5 alors que l'eau déminéralisée a un pH entre 6 et 6,5. Cette acidité peut faiblement augmenter avec le temps car l'eau va fixer du dioxyde de carbone. L'intérêt de ces eaux traitées est d'avoir un solvant exempt de polluants comme les sels solubles, les ions calcium ou les carbonates.

- Conséquences de l'utilisation de l'eau + tensio actif

Nous n'avons pas trouvé d'information sur le sujet mais il est probable que des résidus de produit puissent être trouvés à la surface de l'œuvre ou dans la porosité de la pierre. Soulignons que certains tensio-actifs sont basiques et peuvent donc avoir une incidence sur l'épiderme de la pierre.

- Conséquence de l'utilisation du carbonate d'ammonium

La pose d'une compresse de carbonate d'ammonium à la surface d'une pierre calcaire pendant 5 heures a montré que la couche de sulfatation et la patine brune était préservée mais des cristaux de calcite se sont formés<sup>58</sup>. La formation de taches brunes est également constatée comme sur la *Porte du grand consistoire de Toulouse*<sup>59</sup>.

Dans le cadre d'une recherche de laboratoire, une solution saturée de carbonate d'ammonium a été posée sur des échantillons puis l'eau de rinçage a été analysée. Une quantité significative d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  a été mise en évidence dans cette eau après un temps de pose d'une heure. Elle augmente de 25% après trois heures de pose<sup>60</sup>.

Ces analyses confirment les observations visuelles méticuleuses menées lors d'une recherche technico-scientifique dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de l'I.F.R.O.A.<sup>61</sup>.

- Conséquence de l'utilisation du bi carbonate d'ammonium :

L'utilisation de ce sel alcalin a montré l'apparition de sels, du bicarbonate de calcium qui dans une atmosphère plus sèche recristallise sous forme de carbonate de calcium et forment un voile blanc de calcite. Cette conséquence néfaste peut être contrôlée par une gestion prudente du temps de pose de la compresse, de la concentration de la solution et un rinçage soigné<sup>62</sup>.

L'apparition de sels peut aussi être due à l'utilisation d'eau chaude ou de vapeur d'eau produit instable au-dessus de 40° C<sup>63</sup>.

Des examens après des essais de nettoyage sur Notre-Dame de Paris ont montré que si le nettoyage par compresse de carbonate d'ammonium respectait l'épiderme, le nettoyage n'en était pas moins hétérogène et qu'il n'y avait pas d'innocuité chimique puisque apparaissait un blanchiment de surface dû, entre autre, à la précipitation de la calcite<sup>64</sup>.

- Conséquence de l'utilisation de l'EDTA

Une étude menée en laboratoire sur l'impact de l'EDTA sur les encroûtements minéralisés a montré que l'EDTA di-sodique dissout préférentiellement la calcite alors que l'EDTA tétra-sodique aura plus d'efficacité sur un encroûtement gypseux<sup>65</sup>. Soulignons que ces résultats ont été obtenus avec des solutions concentrées à 5% sur des minéraux purs. Les échantillons de matière étaient immergés dans ces solutions puis étaient pesés jour après jour. Rappelons que pour les mélanges utilisés pour le nettoyage des pierres, la concentration d'EDTA est au maximum de 2,5 % et le temps de pose bien inférieur aux conditions des expérimentations citées.

---

<sup>57</sup> On trouve aussi la mention d'eau dé ionisée

<sup>58</sup> Vergès-Belmin V., 1995.

<sup>59</sup> Bouquillon A., Colinart S. Rapport L.R.M.F. n° 2012, 1994.

<sup>60</sup> Maravelaki P. & alii, 1993

<sup>61</sup> Boursier H., 1993, p. 202

<sup>62</sup> Alessandrini G. & alii, 1993 ; Boursier H. 1993 ; Vergès-Belmin V. 2000

<sup>63</sup> Vergès-Belmin 2000

<sup>64</sup> Vergès-Belmin V., 1995.

<sup>65</sup> Thorn A., 1993.

- Conséquence de l'utilisation du TAC

L'application de compresses de TAC montre une dissolution de la calcite et une perte de brillance de la surface du marbre lorsque le pH de la solution est aux environs de 7 pour une concentration de 5%.

- Conséquence de l'utilisation de la solution AB 57

Des conséquences néfastes après l'utilisation de cette solution ont été mises en évidence dans plusieurs occasions, après une restauration ou lors de tests de laboratoire.

Après le nettoyage un balustre en pierre nettoyée avec « la pâte Mora », il y a eu un développement d'efflorescences de sels. L'analyse a mis en évidence de la thénardite, un sulfate de sodium qui s'est formé « à partir du gypse et des constituants sodique de la pâte Mora »<sup>66</sup>.

L'apparition d'auréoles brunes sur la *Porte du grand consistoire* de Toulouse, en calcaire, a été attribuée à l'utilisation de la « méthode Mora »<sup>67</sup>. Des analyses ont été menées pour savoir si l'apparition des auréoles était liée à la composition de la pierre. Le résultat des analyses permet de conclure que l'apparition de ces taches brunes est « le résultat de l'altération de la pierre calcaire en sulfate de calcium. Celui-ci forme un glacis minéral de couleur légèrement jaune due à l'emprisonnement des grains d'ocre comme ceux de la couche ocre jaune de bouche pores ».

Ce produit a aussi été testé sur des éprouvettes de pierre calcaire. Une légère perte du poli et de poids, est constatée mais il est précisé que le temps de pose du produit était beaucoup plus long que celui pratiqué lors d'un nettoyage<sup>68</sup>.

De même, des essais de nettoyage avec cette formule ont été menés sur des échantillons en laboratoire puis l'eau de rinçage a été analysée. Une forte proportion d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  a été mise en évidence et ce dès un temps d'une heure<sup>69</sup>.

- Apparition de d'efflorescences blanches

Souignons qu'au cours de ce travail nous n'avons trouvé que peu de mentions écrites de ce type de conséquences, alors que cela a pu être constaté par des collègues qui par déduction ont imputé l'apparition des sels à des anciennes interventions de nettoyage. Aucune analyses ni recherche n'ont pu confirmer leurs présomptions.

Un tel phénomène a été signalé sur le bas-relief en calcaire représentant *le massacre des innocents*, conservé au département des sculptures du musée du Louvre et nettoyé en 1979 et 1984. Des analyses ont montré la présence de nitrates mais en l'absence d'information sur les techniques de nettoyage il n'y a pas d'explication du phénomène<sup>70</sup>.

## VII. Les dossiers de restauration consultés

Le choix des dossiers consultés<sup>71</sup> a été fait selon deux critères, le matériau, calcaire ou marbre non polychromes et le type d'intervention, nettoyage aqueux. L'ensemble est rassemblé dans deux tableaux, l'un consacré aux œuvres en calcaire l'autre aux œuvres en marbre.

La consultation d'une centaine de dossiers de restauration d'œuvres conservées en musées et enregistrés au C2RMF depuis les années 1980 montre une évolution dans le regard et la description de l'état de conservation des l'œuvre et des traitements mis en place.

Il y a une trentaine d'années le rapport était succinct et on ne trouvait que les mentions « encrassé(e) » pour le constat d'état et « Nettoyage » pour l'intervention. Au fur et à mesure des années la description de l'encrassement se fait plus précise. Les praticiens utilisent les qualificatifs de « volatile » lorsqu'il s'agit de poussière ou « d'adhérent » pour une salissure plus importante, « d'homogène » ou

<sup>66</sup> Philippon, rapport d'analyse I.F.R.O.A., 1987

<sup>67</sup> Bouquillon A., Colinart S. Rapport L.R.M.F. n° 2012, 1994.

<sup>68</sup> Castro et al. 1985, p. 682

<sup>69</sup> Maravelaki P. & alii, 1993

<sup>70</sup> Ce cas est mentionné dans une note de 1986 adressée à M. Gaborit.

<sup>71</sup> cf annexes 1 et 2.

« d'hétérogène ». Dans ce cas, la description de l'état « avant traitement » localise les différents types d'encrassement présents sur la sculpture.

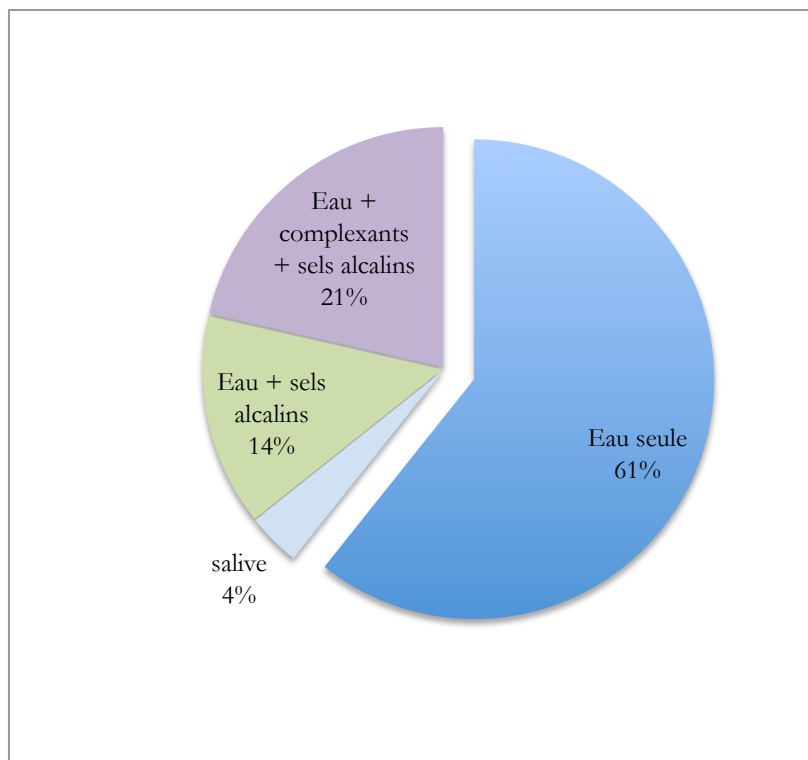
La couleur de l'encrassement est très souvent précisée, gris, brun, noir, ou bien son aspect, « charbonneux », « ressemblant à de la suie ».

Il y a aussi des essais d'interprétation de l'aspect ou de l'état de surface et une mise en relation avec l'histoire de l'œuvre. La présence de croûtes noires est toujours bien identifiée. De même pour le « jutage d'uniformisation », même si la composition du jutage n'est pas connue. Parfois des propositions sur la composition de ce jutage sont faites en fonction de sa sensibilité à la technique de nettoyage choisie. La sensibilité de la couche aux solvants organiques ou à l'eau, la couleur du dépôt et son aspect permettent au restaurateur de proposer une identification du matériau posé à la surface de la sculpture ou du bas-relief.

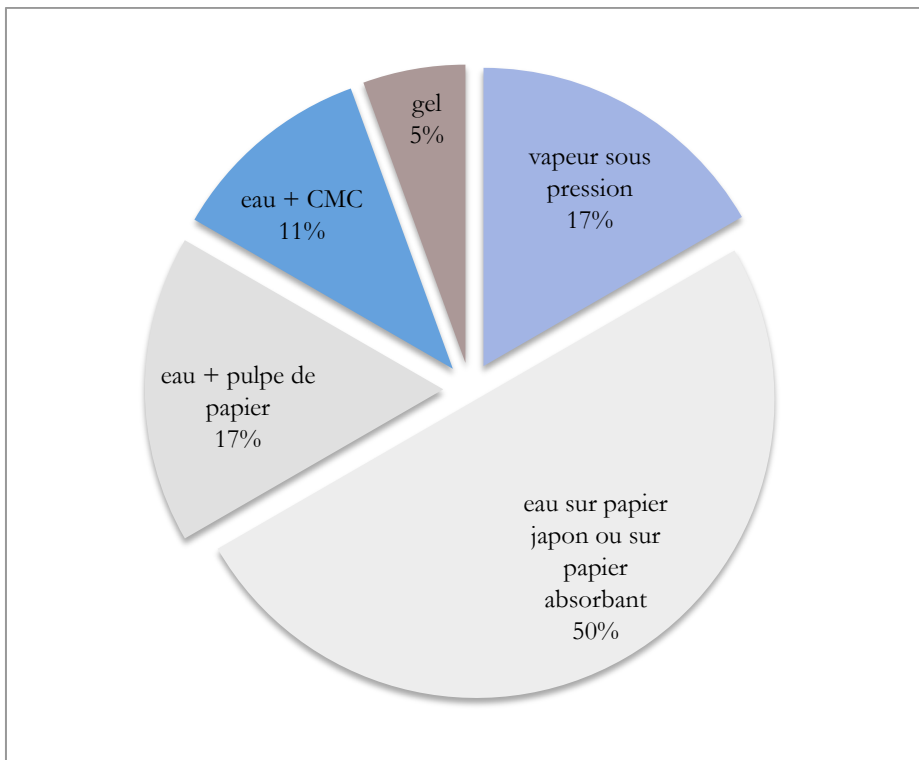
Malgré l'attention portée à la rédaction du constat d'état et des observations faites avant traitement, les essais de nettoyage ne sont pas toujours mentionnés. De même, l'utilisation de telle ou telle technique n'est pas explicitée dans les rapports d'intervention. En revanche, ces données sont présentées et commentées dans les études préalables ou dans les mémoires de fin d'étude des écoles de restauration. Et rappelons que ces connaissances sont aussi la base des notes méthodologiques rendues lors des appels d'offre.

#### Le nettoyage des sculptures en calcaire :

Quant aux techniques utilisées, il est intéressant de noter que les nettoyages aqueux sont moins nombreux pour les œuvres en calcaire pour lesquelles ils sont souvent couplés avec la technique du micro-sablage. De même, pour le calcaire, l'utilisation de l'eau, sans adjuvant, est plus fréquemment utilisée que les mélanges eau + produits chimiques (cf diagramme ci-dessous).

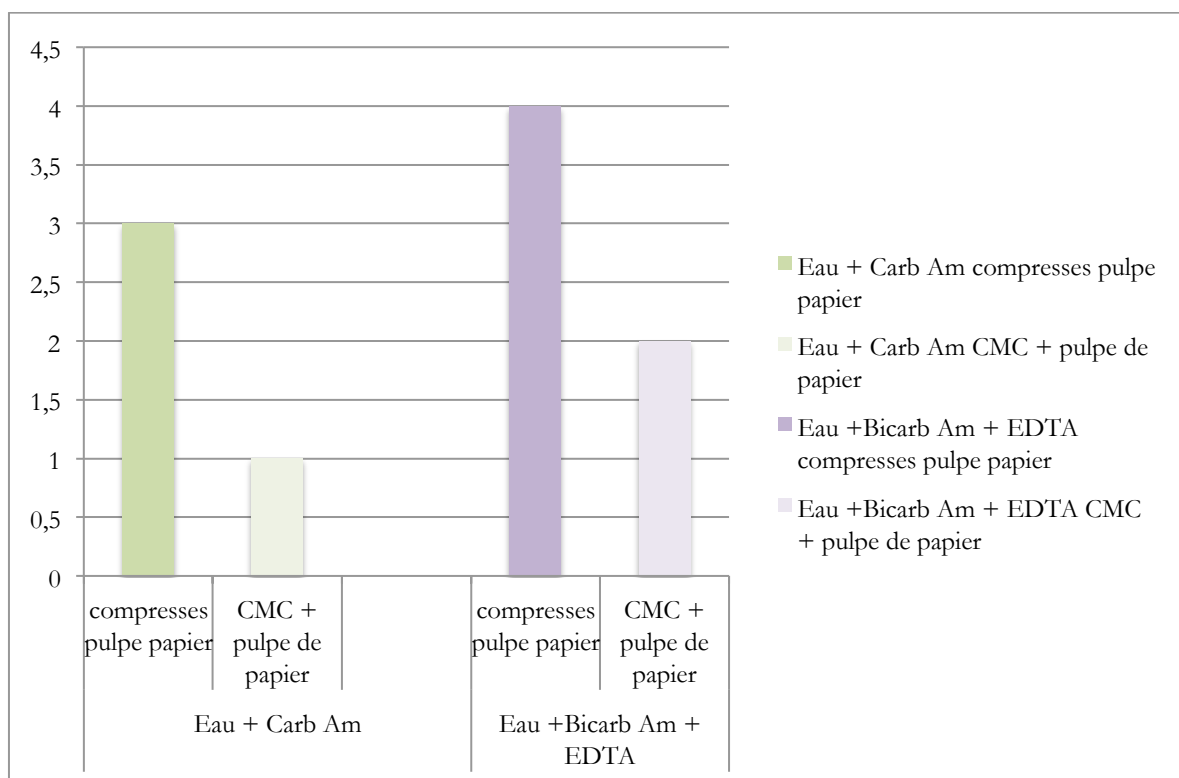


La mise en œuvre de l'eau varie mais c'est l'application de l'eau sur un papier japon ou un papier absorbant, laissé sur la pierre pendant un temps déterminé pendant les essais, qui prédomine.



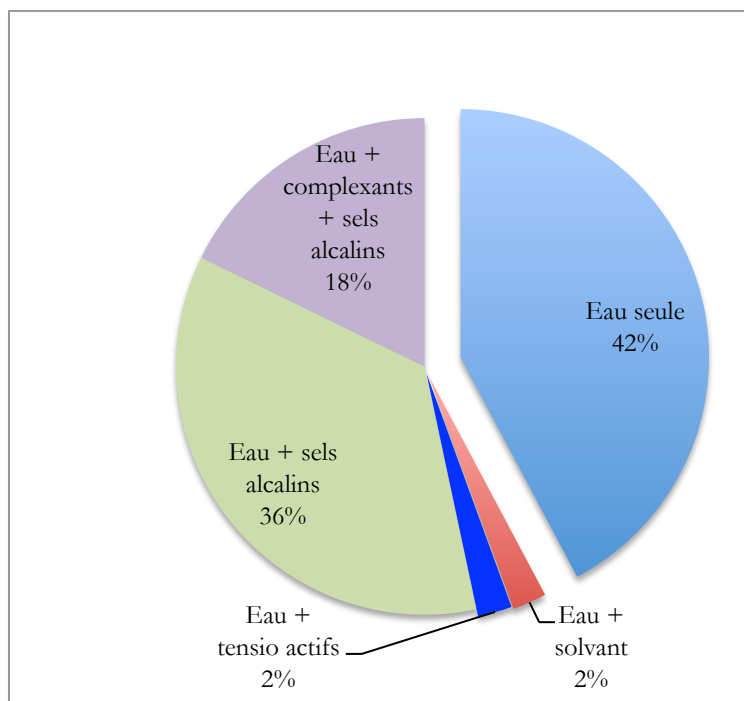
La mise en œuvre des mélanges eaux + produits chimiques se fait par l'application de compresses. Elles sont composées de pulpe de papier imbibée de la solution. Ou l'on rajoute 1 à 3% de CMC à la solution eau + produit chimique et le mélange est ensuite additionné de pulpe de papier.

Dans les rapports consultés la simple compresse de pulpe de papier additionnée du mélange est plus fréquente que la compresse additionnée de CMC (cf ci-dessous). Contrairement aux œuvres en marbre, ce mélange est le plus souvent utilisé pour l'élimination des croûtes noires peu épaisses.

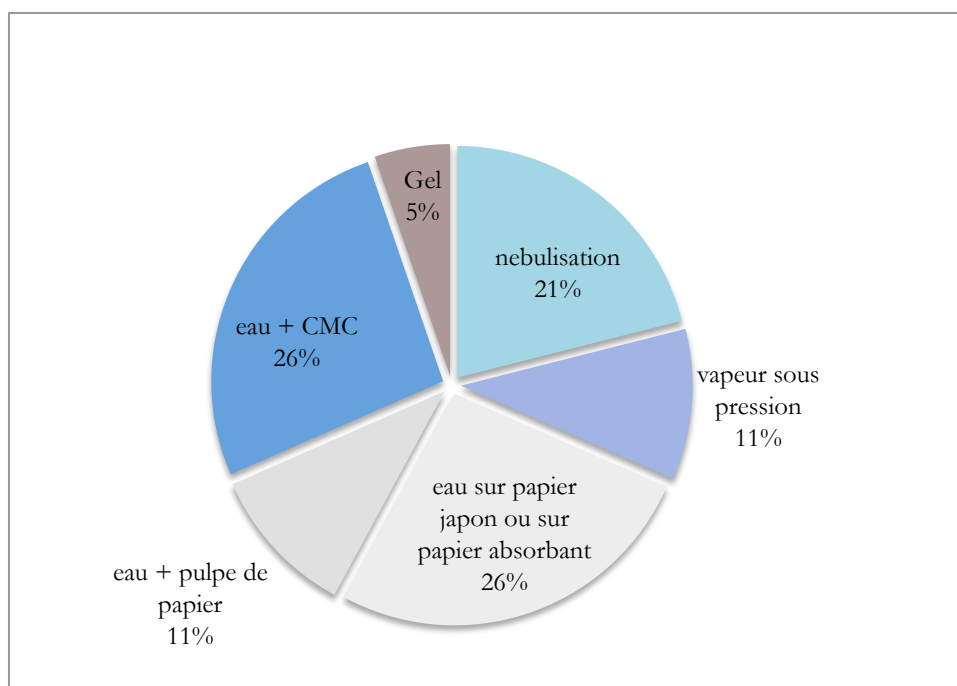


### Le nettoyage des sculptures en marbre :

Pour le marbre l'utilisation de l'eau additionnée de produits chimiques représente 56% des nettoyages. Notons que beaucoup de ces traitements concernaient des sculptures restaurées il y a un siècle ou plus et que ces œuvres sont souvent recouvertes de produits non identifiés. Ces produits, des dépôts volontaires, doivent être éliminés pour retrouver la matérialité du marbre. En l'absence d'analyses, les essais de nettoyage sont pratiqués avec les produits dont les praticiens maîtrisent l'utilisation et la mise en œuvre.

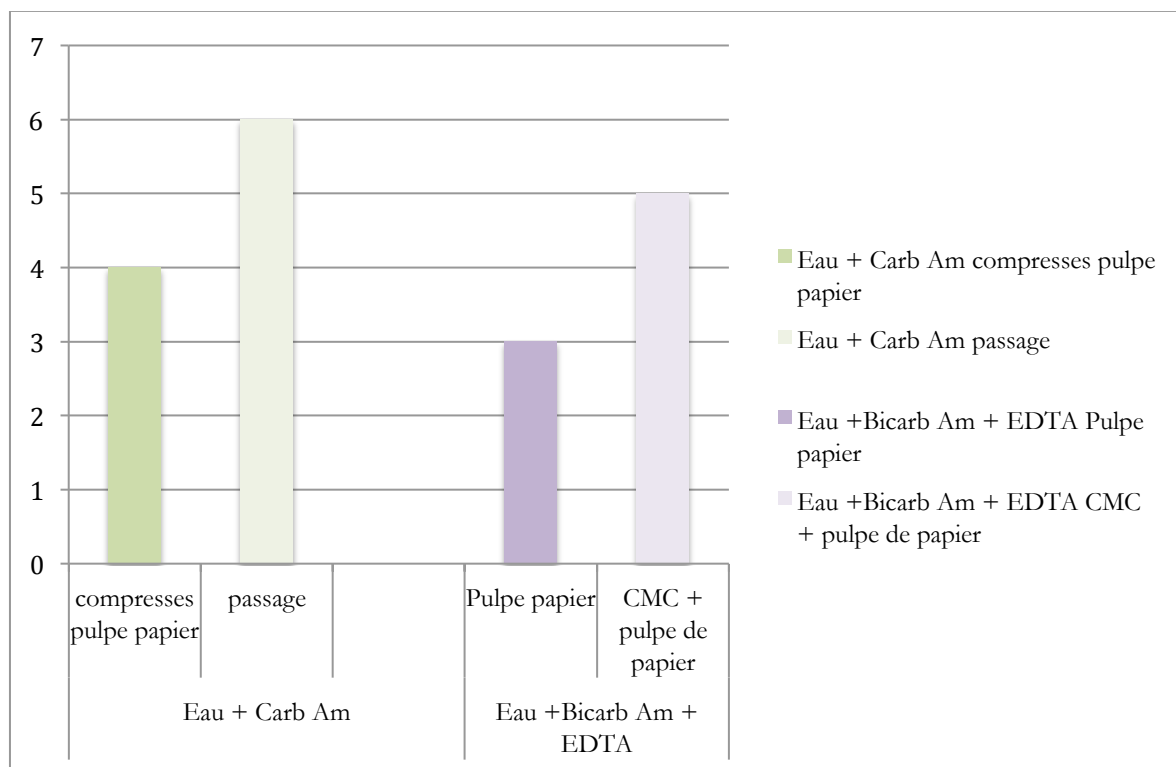


Dans les cas où l'eau est utilisée sans adjuvant les techniques mises en œuvre sont plus variées que sur les calcaires (cf ci-dessous).



Quant aux mélanges eau + produits chimiques, il est intéressant de noter que, sur les marbres, l'eau additionnée de carbonate d'ammonium est souvent utilisée pour un simple passage de coton pour harmoniser le nettoyage ou éliminer une tache récalcitrante.

Notons également que le mélange eau + bicarbonate d'ammonium + EDTA est principalement utilisé dans le mélange CMC et pulpe de papier.





## Conclusion, bilan et perspectives

Aucune méthode de nettoyage n'est parfaite. Les tests préalables permettent de choisir la méthode et le produit pour atteindre au mieux le but recherché, nettoyer la surface de l'œuvre à un niveau décidé en accord avec le responsable de la collection. Et ce, bien souvent, sans informations quant à la composition des dépôts de surface à éliminer.

En effet, nous voudrions souligner l'absence quasi générale des analyses de l'encrassement des sculptures en milieu muséal. Nous n'avons trouvé ces informations que dans des publications ou des rapports d'étude préalable des Monuments Historiques où, en amont de travaux de restauration, des analyses pour déterminer l'état de la roche, les altérations présentes, le type d'encrassements et pour évaluer l'impact de telles ou telles technique de nettoyage sont entreprises par le L.R.M.H.. Rien de tel pour les sculptures conservées en musée hormis trois exemples, les deux premiers lors d'intervention de restaurateurs indépendant et le troisième effectué sur une œuvre confiée pour un mémoire de fin d'étude à l'INP<sup>72</sup>. L'*Apollon Sauroctone*<sup>73</sup> qui était recouvert d'une couche jaunâtre identifiée par le L.R.M.F. comme un reste de produits de moulage<sup>74</sup>. Le bloc aux huit divinités du *Pilier des Nautes*, conservé au musée de Cluny<sup>75</sup> dont les croûtes noires et des « zones d'aspect gras » ont été analysées au moment de la restauration<sup>76</sup>. Et un torse en marbre de la collection des antiques de Rodin pour lequel des analyses ont été menées pour essayer d'identifier les patines et l'encrassement dans lequel la présence d'huile a été mise en évidence<sup>77</sup>.

Pourtant, nombre de sculptures ont subi un ou plusieurs traitements dont les résidus sont parfois difficiles à éliminer. Outre l'aide au choix d'un produit ou d'une technique de nettoyage, une analyse de l'encrassement ou des résidus serait un apport à la connaissance de l'histoire de l'œuvre, des produits et à l'histoire de la restauration.

Par ailleurs, la majorité des explications théoriques de l'action de l'eau ou des mélanges aqueux est due aux recherches menées pour le nettoyage des surfaces peintes<sup>78</sup>.

En revanche, l'action d'un nettoyage sur la pierre et plus particulièrement sur le poli du marbre, les effets de la méthode<sup>79</sup> ou des produits choisis<sup>80</sup> sont plus souvent évoqués.

Il est aussi dommage que les retours sur les travaux n'existent qu'en cas de problèmes que certains proposent d'éviter par la mise en place de modèles de prévision et de définition du risque<sup>81</sup>.

Ce manque d'interaction est sans doute lié au contexte économique et la mise en place quasi systématique de mises en concurrence ou d'appels d'offre. Mode opératoire qui ne laisse pas toujours le recul nécessaire pour envisager des projets de recherches.

Pourtant, malgré ces obstacles, les échanges entre les différents acteurs de la conservation-restauration, les journées d'étude ou les formations continues témoignent de la volonté d'approfondir les connaissances. Ils démontrent aussi le besoin d'une plus grande implication des laboratoires de musées dans la recherche appliquée à la conservation-restauration et au domaine des sculptures en milieu muséal en particulier. Au delà d'une meilleur connaissance des œuvres et de leur état de conservation, des produits de restauration, de leur mise en œuvre et de leur effet sur les matériaux pierreux, de tels projet permettraient de changer le regard et de laisser de côté les a priori, positifs ou négatifs, quant à l'utilisation de certains produits ou techniques.

---

<sup>72</sup> Bonnecase C., 1997.

<sup>73</sup> L'*Apollon sauroctone*, Ma conservé au D.A.G.E.R. du musée du Louvre a été restauré en 1987/88 par M. A. Pontabry et Mme R. Motta.

<sup>74</sup> cf Compte-rendu de la commission de restauration réunie le 26.4.88 à Versailles.

<sup>75</sup> Huchard V. & alii, 2003.

<sup>76</sup> L'analyse des zones d'aspect gras n'a pas permis de les identifier mais a établi que ce n'étaient pas des traces liées à l'encrassement.

<sup>77</sup> Bonnecase C., 1997.

<sup>78</sup> Wolbers R., 2013.

<sup>79</sup> Lauffenburger J. & al.,

<sup>80</sup> Gervais C & al 2010, Witte E. de, Dupas, 1993 ; Thorn A., 1993...

<sup>81</sup> Revez M. J., Rodrigues J.D., 2016

## Bibliographie

Alonso Campoy M., Rorelli E., Uso e abuso del carbonato di ammonio nella pulitura di opere d'arte. Dans *Scienza e beni culturali*, XI, Libreria Progetto Editore – Padova - 1995 ; pp.611-618.

Alessandrini G., Peruzzi L., Toniolo L. Pasetti A. Pulitura di superfici lapidee : parametri e metodologie per la valutazione della nocività dei trattamenti. Dans *Scienza e beni culturali*, XI 1995 ; pp.591-597.

Alessandrini G., Toniolo L., Antonioli A., Di Silvestro A., Piacenti F., Righini Onticelli S., Formica L. On the cleaning of deteriorated stone materials. Dans *Conservation of Stone and Other Materials*. Volume two, Prevention and treatments, Paris June 29 – July 1993. Edited by M.-J. Thiel UNESCO, Paris ; pp.503-511.

Appelbaum B. Criteria for treatment : reversibility. Dans *Journal of the American Institute for Conservation*, 1987, vol 26, n° 2 ; pp. 65-73.

Arnold A., Zehnder K., Monitoring wall paintings affected by soluble salts. Dans *The conservation of wall paintings*. Proceedings of a symposium organised by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, July 13-16 1987 ; Sharon Cather editor. The J. Paul Getty Trust ; 1991 ; pp. 103-136.

Ashurst N. *Cleaning historic Buildings*, 2 volumes, Donhead Publishing, 1994

Berson F., le Saint Sébastien de Jean Bérault et la Vierge à l'Enfant de Saint-Julien-l'Ars : le problème de la psychromie. Dans *CORÉ* n°3, octobre 1997 ; pp.19-22.

Beaugnon D., Le nettoyage au gel d'agar fluide sur des terres cuites archéologiques. Dans *CRBC, cahier technique*, n°22, 2015 ; pp. 65-67.

Bourgeois B., Pasquier A. *Le gladiateur Borghèse et sa restauration*. Paris, Fimalac, 1997.

Boulard de C. Nettoyage des surfaces peintes au tri ammonium citrate. Dans *Bulletin de l'APROA*, 1<sup>ier</sup> trimestre 2004 ; pp. 6-15

Bromblet Ph., *Guide sur les techniques de conservation de la pierre*. CICRP, 2010

Bromblet Ph., Labouré M., Oriol G., Diversity of cleaning procedures including laser for the restoration of carved portals in France over the last 10 years. Dans *Journal of Cultural heritage*, n° 4, 2003, pp. 17-26.

Bromblet Ph. Floc'h P., Le retable sculpté de l'église Sainte croix de Quimperlé (Finistère). Mise en évidence des interventions antérieures et de leur impact sur les dégradations. Dans *Retables in situ, conservation et restauration*. 11<sup>èmes</sup> journées de la SFIIC, Roubaix, 24-25 juin 2004 ; pp. 281-290.

Burnstock A., Recent development in cleaning research : surface characterisation studies. Dans *CRBC* n°3, décembre 1991 ; pp.43-45.

Burnstock A., Learner T., Changes in the surface characteristics of artificially aged mastic varnishes after cleaning using alkaline reagents. dans *Studies in Conservation*, n° 37, vol. 3, 1992 pp. 165-184

Carlyle L. Townsend J ;H., Hackney S. Triammonium citrate : an investigation into application for surface cleaning. Dans *Dirt and pictures separated*, Londres, 1990 ; pp. 44-48.

- Castro de E., Delgado-Rodrigues J. Cravo M.R.T., Etude du nettoyage de la façade d'une église à Lisbonne (Igreja da Conceição Velha). Dans *Vème congrès international sur l'altération et la conservation de la pierre*. Lausanne, 25-27.9.1985, Textes rassemblés par G. Félix. Presses polytechniques Romandes. 1985 Vol. 2, pp. 967-974
- Cremonesi P., Rigid gels and enzyme cleaning. Dans *Smithsonian Contributions to museum conservation*, 2013, pp. 179-183.
- Doehne E., Price C.A., *Stone conservation, an overview of Current research*. Research in conservation. The Getty Conservation Institute. second edition, 2010.
- Drury M., Restauration versus conservation. Dans *Stone conservation, principles and practice*. Edited by Alison Henry. Taylor & Francis, 2006 ; pp. 56-88.
- Dupré C., « L'emploi du citrate de tri ammonium pour le nettoyage des couches picturales contemporaines », *CeROArt* [En ligne], 1 | 2010, mis en ligne le 17 novembre 2010.
- Feller R.L., Wilt M. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation* Research in conservation. The Getty Conservation Institute. 1990
- Gervais Cl., Grissom C.A. Little N., Wachowiak M. J., Cleaning marble with ammonium citrate, dans *Studies in conservation*, 55 (2010), 164 - 176
- Giudetti V. Uminski M., Ion exchange resins for historic marbledesulfatation and restoration. Dans *Proceedings IXth International Congress on deterioration and conservation of stone* ; Venise, 19-24 juin 2000, pp. 327-333.
- Goldbeg L.A., A fresh face for Samuel Gompers : methyl cellulose poultice cleaning. Dans 1989 *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 28 n° 1, 1989 ; pp.19-29.
- Gorel F., « Assessment of agar gel loaded with micro-emulsion for the cleaning of porous surfaces », *CeROArt* [En ligne], 1 | 2010, mis en ligne le 17 novembre 2010.
- Grissom C.A., Power T., West S., Methyl cellulose poultice cleaning of large marble sculpture. Dans *Proceedings VIth International Congress on deterioration and conservation of stone* ; Torun, 1988, pp. 551-562.
- Grissom C.A., Charola, A.E., Wachowiak M. J., Measuring surface roughness on stone : back to basics, dans *Studies in Conservation* 45 (2000), 73-84
- Hadermann-Misguich L., François du Quesnoy restaurateur d'antiques. Dans *Annales d'Histoire de l'Art et d'Archéologie*, 1982, vol IV ; pp. 27-42.
- Huchard V., Andreu G., Watelet S. en collaboration avec Meyohas M.-E., Lambert R., Pariselle Ch., Aballéa C., Balcar N., Ausset P., Del Monte M., Lefèvre R.-A. - 2003. Le Pilier des Nautes du musée nationale du Moyen-Âge : problématique de nettoyage. *Technè* 17, 2003 ; pp. 5-15.
- Jourdain-Tréluyer V. L'E.D.T.A. et sels sels sodiques, quelques précisions. Dans *CRBC* n°3, décembre 1991 ; pp. 57-61
- Khandekar N.,  
 -Research into potential problems arising from the use of aqueous cleaning systems. Dans *Solvent gels for the Cleaning of works of art, the residue question*. Research in conservation. The Getty Conservation Institute. Edited by Valerie Dorge. 2004, pp. 12-17.

- Detection of residues on the surfaces of museum objects previously cleaned with aqueous gels. Dans *Solvent gels for the Cleaning of works of art, the residue question*. Research in conservation. The Getty Conservation Institute. Edited by Valerie Dorge. 2004, pp. 115-130.

Kouzeli K., Black crust removal methods in use. Their effects on pentelic marble surfaces. dans *7th International congress on deterioration and conservation of stone*, Lisbon, 1992, vol.3 ; pp. 1047 – 1056.

Laing R.A., Urquhart D., Cleaning of stone buildings : The applicability of established value assessment methodologies. Dans *Aspects of stone weathering, decay and conservation*. The Robert Gordon University, 15-17 may 1997. Melanie S. Jones et Rachael D. Wakefield editors. Published by Imperial College Press, 1999 ; pp.161-169.

Lauffenburger J.A., Grissom C.A., Charola A.E., Changes in gloss of marble surfaces as a result of methylcellulose poulticing, dans *Studies in Conservation* n° 37, vo. 3, 1992 ; pp.166 – 179.

Laurenzi Tabasso M. Stone cleaning as a conservation treatment. Aims, requirements and available techniques. Dans *Conservation et restauration des biens culturels*. Actes du congrès LCP. Editeur R. Pancella. Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne. 1995 ; pp.465-468

Laurenzi Tabasso & alii

Lazzarini L., Laurenzi Tabasso M.. - 1989. *La restauration de la pierre*. éd. ERG.

Lorenzen A., Recherche d'une méthode de nettoyage adaptée aux modèles en plâtre monumentaux. Dans *CRBC* n°4, octobre 1992 ; pp. 62-66.

Mamillan M. *Recherche récentes sur le nettoyage des façades en pierre calcaire*. Supplément aux Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Juillet-août 1964.

Matero F. G., Tagle A.A., Cleaning, iron stain removal, and surface repair of architectural marble and crystalline limestone: the metropolitan club. Dans *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 34 n° 1, 1995 ; pp.49-68

Matteini M., In review : an assessment of Florentine methods of wall paintings conservation based on the use of mineral treatments. dans *The conservation of wall paintings*. Proceedings of a symposium organised by the Courtauld Institute of Art and the Getty Conservation Institute, London, July 13-16 1987 ; Sharon Cather editor. The J. Paul Getty Trust ; 1991 ; pp. 137-148.

Matteini M., Moles A., Oeter M., Tosini I., Resine a scambio ionico nella pulitura dei manufatti lapidei e delle pitture murali : verifiche sperimentali e applicazioni. Dans *Scienza e beni culturali*, XI, 1995, pp.283-292.

Maravelaki P., Biscontin G., Pollono R., Cecchetti W., Zendri E., Investigation on surface alteration of limestone related to cleaning processes. Dans *7th International congress on deterioration and conservation of stone*, Lisbon, 1992, vol.3 ; pp. 1024 – 1027

Moncrieff A., Weaver G., *Cleaning*. Science for conservators, vol.2. Conservation Science Teaching Series. Published by The Conservation Unit of the Museum & Galleries Commission 1992.

Normandin K. C., Slaton D., Cleaning techniques. Dans *Stone conservation, principles and practice*. Edited by Alison Henry. Taylor & Francis, 2006 ; pp. 184-226.

- Orcsik E. Some theoretical and practical problems of the cleaning of limestone and marble. dans *ICOM Committee for Conservation 7th Triennial Meeting, Copenhagen, 10-14 September 1984*. Ed D. de Froment, ICOM 1984 ; pp. 84.10.15-17.
- Perez-Montserrat E.M., Varas M.J., Fort R., Alvarez de Buergo M., Assessment of different methods for cleaning the limestones façades of the former workers hospital of Madrid, Spain. Dans *Studies in conservation*, n° 56, vol . 4, 2011 ; pp. 298-313.
- Philippot P., La notion de patine et le nettoyage des peintures. Dans *Bulletin de l'IRPA*, 9, 1966, pp. 138-143.
- Philippot P., « Finalement, c'est une question de conscience... », *CeROArt* [En ligne], 1 | 2010, mis en ligne le 15 décembre 2010.
- Pombo Fernandez S., Nicholson K. Urquhart D. Removal and analysis of soluble salts from chemically cleaned sandstones. Dans *Aspects of stone weathering, decay and conservation*. The Gordon University 15-17 May 1997. Melanie S. Jones et Rachael D. Wakefield editors. Published by Imperial College Press, 1999 ; pp. 77-89.
- Redman Ch., Cellulose sorbents : an evaluation of their working properties for use in wall painting conservation. Dans *The Conservator*, n° 23, 1999 ; pp.68-76
- Reille-Taillefert G., « Science et conscience de la restauration d'Aristote à Bergson », *CeROArt* [En ligne], 7 | 2011, mis en ligne le 07 décembre 2011.
- Revez M. J., Rodrigues J.D., Incompatibility risk assessment procedure for the cleaning of built heritage dans *Journal of cultural heritage*, 2016, vol 18, pp 219-228
- Rossion F., « Apprendre grâce aux expériences négatives », *CeROArt* [En ligne], 3 | 2009, mis en ligne le 21 avril 2009.
- Stulik D . Miller D., Research into solvents gel residues. Dans *Solvent gels for the Cleaning of works of art, the residue question*. Research in conservation. The Getty Conservation Institute. Edited by Valerie Dorge. 2004, pp. 18-53
- Thorn A., The impact of disodium EDTA on stone, dans *ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, Washington, DC 22-27 August 1993*, ed. J. Bridgland, ICOM, 1993 ; pp.357 – 363.
- Tilkens B., « Quand Patrimoine et haute-technologie se rencontrent... », *CeROArt*, 1, 2007.
- Torraca G. La pulitura delle facciate in pietra : necessità della conservazione e immagine del monumento. Dans *Scienza e beni culturali*, XI, Libreria Progetto Editore – Padova - 1995 ; pp.1-8
- Vergès-Belmin V.  
 - Nettoyage des pierres des monuments français par laser. Comparaison avec d'autres méthodes, micro sablage et compresse chimique. Dans *Conservation et restauration des biens culturels*. Actes du congrès LCP. Editeur R. Pancella. Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne. 1995 ; pp. 481-490
- Restauration de la pierre dans les portails aujourd'hui partiellement polychromés. Dans *La couleur et la pierre. Polychromies des portails gothiques*. Actes du colloque Amiens 12-14 octobre 2000. Agence Régionale du Patrimoine de Picardie et Editions Picard, 2002
- Vergès-Belmin V., Bromblet Ph., Le nettoyage de la pierre. Dans *Monumental*, éditions du patrimoine 2000.

Vergès-Belmin V., Heritage A., Bourgès A., Powdered Cellulose Poultrices in Stone and Wall Painting Conservation. Myths and Realities. Dans *Studies in conservation*, 56 (2011), pp. 281-297.

Witte de E., Dupas M., Cleaning poultrices based on EDTA. Dans *7th International congress on deterioration and conservation of stone*, Lisbon, 1992, vol.3 ; pp. 1024 – 1027.

Wolbers R., *Le nettoyage des surfaces peintes. Méthodes aqueuses*. Editions Eyrolles, 2013

Woolfit C., Ebrey G. The true or plain poultrice and the cleaning and desalination of historic masonry sculpture. Dans *The building Conservation Directory*. 2000

### **Rapports L.R.M.H.**

De Lera-Santini A., Nettoyage de matériaux poreux inorganiques (brique pierre marbre plâtre et fresque), LRMH, 2012.

Rapport n° 207 21.10.74 - Dijon 21-Côte d'Or. Eglise Saint Jean. Essais de traitement à l'eau déminéralisée. Jatou Cl., Oriol G.

Rapport n° 851 B du 10.12.91 – Amiens 80 – Somme. Cathédrale. Façade occidentale et façade sud de la tour.

Rapport n° 1000B 17.08.99 – Poitiers – 86 – Vienne (Poitou Charente). Cathédrale Saint Pierre – Façade occidentale, portail droit. Essais de nettoyage par la pâte Lutum

Rapport n°1039 A du 12.01.1998. Bordeaux 33 Gironde (Aquitaine) Eglise Saint Michel. Transept bras nord. Portail – Evaluation du procédé de nettoyage Hydro façade.

### **Rapports C2R.M.F. (L.R.M.F.)**

Rapport n° 2012 - 1994

Bouquillon A. Colinart S. Porte du grand consistoire de Toulouse

### **Rapport analyses I.F.R.O.A**

Philippon J. Analyses de prélèvements. Palustre en pierre : Musée du Louvre. Inventaire n° 23491987

### **Mémoires INP / Département des restaurateurs**

Beaugnon D. *Une urne cinéraire étrusque* – Musée du Louvre, Paris. Mémoire de fin d'étude, INP, département des restaurateurs, 2012.

Bonnecase C. Torse en marbre de la collection d'antiques de Rodin. Etude et restauration. Etude comparative de matériaux de comblement du marbre. Mémoire de fin d'étude 1997.

Boursier H., *Le tympan roman de Saint Pierre le Puellier. Rapport d'étude et traitements. Elimination des croûtes de sulfo-calcin par voie chimique, adaptation de la solution AB 57*. Mémoire de fin d'étude 1993.

Grué F., *Etude et restauration d'un médaillon monumental en pierre polychromée de la Renaissance (Bourges, musée du Berry). Evaluation de méthodes chimiques appliquées au nettoyage de « croûtes noires sur polychromie*. Mémoire de fin d'étude, 2005.

Pérea R., *Etude et restauration d'un Eros archer, marbre antique de la collection Borghèse conservé au musée du Louvre. Impact du moulage au silicone sur un marbre blanc*. Mémoire de fin d'étude, 2002.

### **Mémoires Master 2 CRBC, Université Paris I Panthéon Sorbonne**

Botbol C., *Le nettoyage des taches de cuivre sur la pierre*. Mémoire de fin d'étude, 2012.

## Annexe 1

Tableau recensant les rapports de restauration  
de sculptures en calcaire



Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Justification de la technique	Temps d'application / Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
<i>Christ au tombeau</i> de G. Pilon		2007	encrassé présence de chlorures dus à une intervention antérieure acide ou eau de Javel ?	/	compresses bicarbonate d'ammoninium	/	5 min	/	oui
Lapidaire de Saint Etienne		2004	Pierre très encrassée	/	carbonate d'ammoninium	/	/	/	
Vierge à l'enfant		2007		/	eau	/	/	/	
Gisant Agnès de Beaumont	Musée de Tessé - Le Mans H. 274 (81.3)	2004	empoussièrement et encrassement sur une œuvre déjà nettoyée	/	compresses de coton + Micro-sablage	/	/		
Gisant Jean Iier de Brienne	Musée de Tessé - Le Mans H. 275 (81.4)	2004		/	Premier nettoyage au micro sablage puis Compresses carb Ammonium 5%	/	24h	/	oui
Pierre tombale de Jehan Goyet	Musée de Tessé - Le Mans 4.207	2005	encrassement léger	/	eau pour le revers Micro sablage : Face	présence d'incrustations (mastics) sensibles à l'eau dans les inscriptions	/	/	
Pierre tombale d'Etienne Dreux	Musée de Tessé - Le Mans 4.208	2005	encrassement léger	/	eau pour le revers Micro sablage : Face	/	/	/	
Pierre tombale de Jean Martel de Marigné	Musée de Tessé - Le Mans 4.209	2005	encrassement léger	/	eau pour le revers Micro sablage sur la face	/	/	/	
Pierre tombale de Huet Le Bœuf et de sa femme Jehanne	Musée de Tessé - Le Mans 4.210	2005	encrassement léger	/	eau pour le revers Micro sablage sur la face	/	/	/	
Pierre tombale des frères Bouju	Musée de Tessé - Le Mans 4.211	2005	encrassement léger	/	eau pour le revers Micro sablage sur la face	/	/	/	
Ange sculpté	Musée de Picardie	1997	salissure grise	/	Mora sur papier japon	/	15 min	/	oui
Chapiteau d'Adam et Eve	Musée de Picardie	1996	salissure grise	/	Mora sur papier japon	/	15 min	/	
Chapiteau de St Martin d'Ainay	Musée de Picardie	?	/	/	Mora sur papier japon	/	10min		oui jusqu'à obtention d'un ph neutre
Christ	Musée de Picardie	1987	salissure gris sombre	/	Mora sur papier japon	/	5 min	/	
Stèle	Louvre / DAE		encrassement brun à gris	/	coton humidifié de salive	/	/	/	

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Justification de la technique	Temps d'application / Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Chapiteau heptagonal décoré de feuillage, d'animaux fantastique et d'une sirène tenant un miroir	Musée du Louvre Dpt des Sculptures RF 2142	2010	encrassement + croûte noires	/	papier absorbant + CMC Micro sablage sur les petites zones de croûtes noires	/	3h	élimination du gel	oui
Vierge de Saint Sauveur	MBA Lille	?	encrassement important croûtes noires	/	compresse CMC + Mora simplifié	/	3 passages	/	
Stèle votive dédiée à Epona	Musée de la Tour aux puces Thionville	2001	terre d'enfouissement	/	brossage doux à l'eau de ville	/	/	/	rinçage au pulvérisateur
L'automne de Rodin	MBA Lyon H 1181	1998	fort empoussièrément	/	jet de vapeur + Micro sablage	/	/	/	
Scène de l'enfer de Dante de Rodin	MBA Lyon B 1153 bis	1997	épiderme très sale et empoussiéré	/	jet de vapeur + Micro sablage	/	/	/	
Dalle de Marie Antoinette Luc	MBA Lyon 47	2000	épiderme sale	/	jet de vapeur + Micro sablage	/	/	/	
Modillon à tête couronnée	Musée Fenaille Rodez	1999	rien sur l'encrassement uniquement mention de présence de ciment	/	compresses de pâte Mora	/	10min	/	eau démi
Buste d'homme couronné dit Louis VIII	Musée du Louvre Dpt des Sculptures RF 1068	1999	la surface de l'œuvre est encrassée	/	compresses de CMC et eau puis surface brossée à la brosse à dents souple	/	15 à 60 min répété plusieurs fois	/	Brossage en surface
stèle égyptienne	Louvre / DAE		la surface de l'œuvre est encrassée	oui différents temps de pose	pulpe de papier humide sur papier japon	/	5 min	batonnet de coton humidifié à l'eau déminéralisée	
Menu de Tepemankh	Louvre/DAE AE 25408	2010	la surface de l'œuvre est encrassée		Pose de feuilles de japon humidifiées à l'eau déminéralisée	/	3 à 5 min de pose	batonnet de coton humidifié à l'eau déminéralisée	/
Stèle de Seba	Louvre/DAE C 87	2007	encrassement important et homogène	oui pour déterminer le temps de pose	Compresse de pulpe de papier imbibée d'eau déminéralisée, la pulpe de papier a été appliquée sur un papier japon	/	10 min	batonnet de coton humidifié à l'eau déminéralisée	/
Chevalier casqué	Musée Gadagne	2001	la surface de la pierre est brune, patinée ou encrassée	essais de gel de CMC additionné de carbonate d'ammonium à 5% et 10%	microsablage	le nettoyage aqueux avec le carbonate d'ammonium est hétérogène et fait apparaître des taches jaunâtres			

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Justification de la technique	Temps d'application / Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Dalle de chancel	Louvre/DAGER Ma 3360	2011	encrassement important et hétérogène. La crasse est recouverte par endroit d'une pellicule grise qui semble être un jus d'uniformisation de la surface	/	Compresse de pulpe de papier imbibée d'eau déminéralisée. La pulpe de papier a été appliquée sur un papier japon,	/	10 min sur la majorité de la surface. 15 min sur les zones recouvertes d'un jutage gris	batonnet de coton humidifié à l'eau déminéralisée	/
Vierge à l'enfant assise	Musée de Cluny Musée national du Moyen Âge	2015	Colorations ocres brunes sur la quasi totalité de la sculpture avec une intensification sur les épaules dues entre autres à des micro-organismes	/	Laser / microsablage / gel aqueux Gomme gellane	Elimination des taches grâce au pouvoir absorbant du gel	10 applications environ	/	/
Bas-relief de Nefer	Louvre/DAE C 51	1999	Encrassement homogène	Compresse de pulpe de papier imbibée d'eau déminéralisée, la pulpe de papier a été appliquée sur un papier japon  Gel Pelable	Gel Pelable, attapulgite + CMC	L'application de compresse entraîne une humidification trop importante de la pierre	appliqué au pinceau laissé jusqu'à ce qu'il puisse être pelé sans qu'il ne soit complètement sec	batonnet de coton humidifié à l'eau déminéralisée	idem

## Annexe 2

Tableau recensant les rapports de restauration  
de sculptures en marbre

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
St Jean Baptiste Desiderio da Settignano	Louvre / Dépt des Sculptures RF 679	2006	très empoussiéré, aspect brun gris dû à des applications de cire et de vernis	/	eau sur papier absorbant	1/2 heure	batonnet de coton	
Togatus ressemblant au poète Ménandre	Louvre / DAGER	2005	très encrassé, noir suie	/	gel attapulgite (3) + CMC (1)	plusieurs fois 24h chaque fois	eau déminéralisée (brosse à dents et coton)	/
Venus d'Arles	Louvre / DAGER Ma 439	1987	couche de crasse et poussière	/	nébulisation carb ammonium à l'éponge et compresses par endroits	/	/	/
<i>Selosse</i> de A. Maillard	Roubaix	?	encrassé	/	eau + tensio-actif	/	/	/
Julien de Medicis	MBA Orléans	1999	croûtes noirâtres	/	solubilisation et brossage + Micro abrasion	/	/	
Laurent de Medicis	MBA Orléans	1999	croûtes noirâtres	/	solubilisation des croûtes noires par de l'eau déminéralisée et de la pulpe de papier. + Micro abrasion	/	Brossage	/
<i>Louis XIV</i> de Pajou	Louvre / Dépt des Sculptures MR 2653	2006	taches brúnâtres, translucides, corps gras	/	CMC sur papier papier japon	15 à 30 min	batonnet de coton humidifié avec de l'eau déminéralisée	
<i>Vulcain</i> de Coustou	Louvre / Dépt des Sculptures MR 1814	1993	/	/	nebulisation puis Mora (eau + amoniaque + carbonate d'ammonium + carbonate de sodium + EDTA)	/	/	/
<i>Duc de Chaumes</i> de Coysevox	Musée de Picardie Amiens 1865/6	1991	surface sale et usée	/	Nettoyage à l'eau avec un peu de carbonate d'ammonium	/	/	/
<i>Daphné poursuivie par Apollon</i>	Louvre / Dépt des Sculptures MR 1807	2005	encrassé	/	1er nett 1986 aucune info sur la technique. 2ème nettoyage : Compresses imbibées d'eau, de solution de carbonate de calcium (sans doute une erreur), de toluène et de solvants divers	/	/	/
<i>Atalante</i> de Lepautre	Louvre / Dépt des Sculptures MR 1804	2005	croûte noire de dépôt sous produits d'altération sur les reliefs protégés	/	1er nett par les ateliers du Louvre aucune info sur la technique. 2ème nettoyage : Compresses imbibées d'eau, de solution de carbonate d'ammonium, de toluène et de solvants divers	/	/	/
Tête de satyre	musée Gustave Moreau 13.664	2003	surface recouverte d'une couche noire grasse qui semble constituée de suie et de poussière	/	CMC gonflée dans de l'eau déminéralisée Atténuation de taches dues à la migration de matériaux cireux provenant des restitutions avec des solvants	15 min env	/	/
"Vase" décoré de tête de bélier	MBA Nantes	1999	empoussiérage et encrassement important	/	solution de bicarbonate d'ammonium + EDTA dans l'eau déminéralisée sur support cellulosique (Kleenex)	/	/	rinçage important à l'eau, test de neutralité acido-basique, dernier rinçage à l'eau déminéralisée

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Portrait de Filippo Strozzi	Louvre / Dépt des Sculptures RF 289	2009	empoussièremement très important et hétérogène dû entre autres aux attouchements fréquents et répétés des visiteurs. Il s'agit de poussières et de saleté non grasses et sèches, piégées dans les infimes creux des effets de matières traduits dans le marbre (cheveux, carnation étoffe et fourrure). Il faut associer aux liaisons chimiques secondaires, le sforces électrostatiques entre les particules des dépôts et le substrat un très fort ancrage mécanique. Les poussière sont abrasive,s hygroscopiques, elles favorisent certaines réactions à la corrosion et nourrissent les moisissures. Cet encrassement assombrit considérablement le marbre	/	Eau déminéralisée et sur les parties où la saleté était plus profondément ancrée. Compresses d'un gel aqueux réalisé à l'aide de carboxyméthyl cellulose de sodium (CMC, esther de cellulose) mise à gonfler dans de l'eau déminéralisée 2ème nettoyage avec un générateur de vapeur d'eau	5 à 10 min applications répétées	/	après chaque application rinçage de la surface à l'eau déminéralisée
Tête de Méduse	MBA Nantes	1999	empoussèrage et encrassement important	/	Solution de bicarbonate d'ammonium + EDTA dans l'eau déminéralisée, une application sur support cellulosique. Nettoyage des creux par brumisation à l'eau.	/	Finition dans les creux à l'aide d'un scalpel et d'un coton tige humide	Rinçage abondant à l'eau, test de neutralité acido-basique, le dernier rinçage étant effectué à l'eau déminéralisée.
Pleurant du tombeau de Jean de Berry	Musée du Berry Bourges 863.5.1 Bourges	2003	encrassement	/	Nettoyage de la surface avec un mélange d'eau distillée et d'éthanol	/	/	/
Tête d'impératrice : Agrippine	Louvre / DAO AO 4863	2012	encrassement prononcé	/	Nettoyage aqueux utilisant de petites compresses de papier japon humidifiées avec de l'eau déminéralisée afin de dissoudre salissures et badigeon	/	/	/
Masque de Femme	Louvre / Dépt des Sculptures RF 1654	2008	Encrassement général de la surface	/	Nettoyage de l'encrassement à l'eau de ville par passage de batonnets ouatés et localement compresses de pulpe de cellulose	/	/	/
<i>Jeune fille à la chèvre</i> de P. Julien	Musée de Sceaux Le Puy en Velay	2003	Concrétions dépôts encroutements avec micro-oragnismes	oui	compresses de pulpe de cellulose, imbibées d'eau additionnée de bicarbonate d'ammonium à 3 %, d'E.D.T.A. à 2,5 % et de Carboxy Méthyl Cellulose à 6%	3 à 6 enfonction de l'encroutement	brosse douce	oui après chaque application
<i>Satyre et bacchante</i> de J. Pradier	Louvre / Dept des sculptures RF 3475	2015	encrassée	/	gommage et vapeur d'eau chaude sous pression	/	/	/

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Vierge assise couronnée par l'Enfant et foulant aus pieds une sirène	Louvre / Dépt des Sculptures RF 580	2007	La surface de l'œuvre au revers est particulièrement encrassé, et semble indiquer qu'elle a été conservée dans un lieu fortement exposé à des dépôts poussiéreux noirâtres (aspect charbonneux des salissures. Sur la partie sculptée, cet encrassement a disparu, probablement à la suite d'un vigoureux nettoyage. Certains creux restent néanmoins très sombres sur les côtés.	/	Solution de carbonate d'ammonium à 10gr/l au revers et 30gr/l (face) mise en œuvre dans des compresses de pulpe de cellulose	1/2 heure	à l'eau et reprise locale au coton	/
Chapiteau	Louvre / DAI 74.1962.0.730	2012	concrétions jaunes sous un encrassement gris très prononcé	/	Vapeur d'eau chaude sous pression	/	/	/
Scipion	Louvre / Dépt des Sculptures RF 1347	2014	la surface du relief est recouverte d'une substance légèrement grasse, de couleur brune. Il ne s'agit pas de cire (insensible au white Spirit). Elle est sensible à l'eau, il pourrait s'agir d'un agent de démoulage du type savon noir.	/	Compresses de papier imbibées d'eau.  Sur le plat supérieur très encrassé des compresses d'eau additionnée de carbonate d'ammonium à 3%	1/4 d'heure  1/4 d'heure	à l'eau à la brosse douce et au coton	Plusieurs rinçages à l'eau
Caninus	Louvre / DAGER MA 1112	2013	Surface très encrassée recouverte d'une épaisse couche de poussière	/	Parties antiques : compresses de pulpe de papier et de CMC imbibées d'eau déminéralisée sur couche de papier absorbant  Parties modernes : compresses de pulpe de papier et de CMC imbibées d'un mélange d'eau/carbonate d'ammonium à 3% / EDTA à 1,5% sur une couche de papier absorbant	12 heures  3 heures	brossage doux reprise au coton et à la vapeur d'eau dans les creux	rinçage à l'eau
Satyre et nymphe	Louvre / DAGER Ma 248	1995	la surface est uniformément recouverte d'une couche de crasse sous laquelle apparaît très nettement des concrétions, relativement peu épaisses	1. CaO3NH4 10gr/l + et long 2 eau du robinet + 3.éthanol dénaturé 4% 4. Trichloroéthane 5. solution saturée de carbonate d'ammonium +++ résultat et temps de pose Concrétion : ultra son	Nettoyage au carbonate d'ammonium saturé.  Sur les concrétions ultrasons sans chercher à les éliminer totalement	/	/	non mentionné
Descente de croix de Fr. Barois	Louvre / Dépt des Sculptures RF 2014.1	2014	marbre est encrassé	/	compresses de mouchoirs en papier imbibées d'eau, puis au coton à l'eau. Reprises sur des zones de salissures plus prononcées avec une solution de carbonate d'ammonium à 3% dans l'eau.  Des compresses d'attapulgit mouillées d'eau et d'alcool ont été appliquées ponctuellement pour diminuer les traces de jaunissement	/	eau et vapeur d'eau	/

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Fragment de bloc de couronnement de mur	Louvre / DAGER Ma 2376	2014	léger dépôt terreux	1. Compresses à base d'eau : 0 2. compresses avec du Carb ammonium à 3% : + mais irrégulier 3. Compresse d'hydrogénocarbonate d'ammonium 3% et d'EDTA disodique 2,5% : ++	méthode 3	2h	vapeur d'eau chaude	/
Messaline portant l'enfant Britannicus	Louvre / DAGER Ma 1224	2015	La surface est recouverte de poussière et très encrassée. L'aspect général est hétérogène. La salte a accroché différemment en fonction de l'aspect de surface des différents marbres et de leur histoire	Plusieurs essais pour déterminer le temps de pose en fonction des différents marbre	compresses de pulpe de cellulose, de CMC à 1% et d'eau	3h	A l'eau et la brosse douce et éponge	Premier rinçage à l'eau. Deuxième rinçage à la vapeur d'eau
Bloc du haut de la colonnade de la rotonde d'Arsinoé	Louvre / DAGER Ma 2374b	2014	La surface est très encrassée et recouverte de dépôts de poussière, des salissures grasses sont à noter dans les zones en relief. Dans les creux des volutes du chapiteau, des amas bruns obstruent les creux du décor sculpté, conglomérat de terre de particules organiques et de petits gravillons	1. Compresses à base d'eau : 0 2. compresses avec du Carb ammonium à 3% : + mais irrégulier 3. Compresse d'hydrogénocarbonate d'ammonium 1,5% et d'EDTA disodique 1,25% : ++	méthode 3	4 à 5 heures	A l'eau et la brosse douce et éponge	Premier rinçage à l'eau. Deuxième rinçage à la vapeur d'eau
Bloc de parapet du Hiéron d'arsinoé	Louvre / DAGER Ma 2374a	2014	la surface est très encrassée et recouverte de dépôts de poussière, des salissures grasses sont à noter dans les zones en relief. Dans les creux des volutes du chapiteau, des amas bruns obstruent les creux du décor sculpté, conglomérat de terre de particules organiques et de petits gravillons	1. Compresses à base d'eau : 0 2. compresses avec du Carb ammonium à 3% : + mais irrégulier 3. Compresse d'hydrogénocarbonate d'ammonium 1,5% et d'EDTA disodique 1,25% : ++	méthode 3	5 à 6 heures	A l'eau et la brosse douce et éponge	Premier rinçage à l'eau. Deuxième rinçage à la vapeur d'eau
Plotine	Louvre / DAGER Ma 1037	2015	le marbre est très encrassé. La saleté est un mélange de poussière, d'encrassement gras presque de la suie (œuvre entreposée près d'une chaudière ?) et d'une patine ancienne qui s'est oxydée. Sur le visage les restes de patineont particulièrement jauni et foncé.	Nombreux essais pour déterminer le temps de pose	compresses de pulpe de cellulose, imbibées d'eau additionnée de bicarbonate d'ammonium à 3 %, d'E.D.T.A. à 2,5 % et de Carboxy Méthyl Cellulose à 1%	plusieurs heures	A l'eau et la brosse douce	Premier rinçage à l'eau claire Deuxième rinçage à la vapeur d'eau
Satyre au repos	Louvre / DAGER Ma 664	?			1.Nébulisation avec des buses de 1mm de diamètre après protection des fissures et des ouvertures par des mastics provisoires et protection des pièces métalliques par une couche de résine (Paraloïd) 2. Elimination des taches jaunes avec une solution d'eau distillée saturée en carbonate d'ammonium	20 à 30 heures	/	/



Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Satyre verseur	Louvre / DAGER Ma 2333	1989	encrassé et taches qui sont des restes de matière grasse (huile ou cire)		1.Nébulisation avec des buses de 1mm de diamètre après protection des fissures et des ouvertures par des mastics provisoires et protection des pièces métalliques par une couche de résine (Paraloïd) 2. Aténuation des taches à l'aide de compresses imbibées de carbonate d'ammonium et de butylamine (10%)	/	/	/
Aphrodite de Cnide	Louvre / DAGER Ma 2184	1988			1.Nébulisation avec des buses de 1mm de diamètre après protection des fissures et des ouvertures par des mastics provisoires et protection des pièces métalliques par une couche de résine (Paraloïd) 2. Elimination des taches jaunes avec une solution d'eau distillée saturée en carbonate d'ammonium			
Apollon Sauroctone	Louvre / DAGER Ma 441	1989	encrassé présence de produit de moulage. <i>Analyse du LRMF du 31.3.88 qui a mis en évidence, un colorant (non déterminé), une résine phénolique (comprable à celle entrant dans la composition du vernis gouache Lefranc) et une huile de silicone.</i>		1.Nébulisation avec des buses de 1mm de diamètre après protection des fissures et des ouvertures par des mastics provisoires et protection des pièces métalliques par une couche de résine (Paraloïd)	/	/	/

Titre de l'œuvre	Lieu de conservation N° inv	Date de traitement	Description de l'encrassement	Essais	Technique de nettoyage	Temps d'application Nbr d'applications	Mode d'élimination de la crasse	Rinçage
Buste d'homme (Cicéron ?)	Louvre / Dept des sculptures ENT 1999.9	2006	Couche de cire. Dépôts atmosphériques typiques de l'exposition en extérieur : croûtes noires ou poussières indurées et altérations dues aux micro-organismes avec noircissement ponctuels. Taches oranges très étendues et très colorées	Compresse de pulpe de cellulose : • Eau, résultat faible • Carb. Am 30gr/l, résultat faible provoque parfois des blanchiements • Carb. Am 30 gr/l + EDTA 10gr/l, résultat faible provoque parfois des blanchiements • Carb. Am 50gr/l, supprime les croûtes noires au revers des sculptures. Absorption partielle de la teinte jaune pour toutes les méthodes.				
Buste d'homme (Septime Sévère ?)	Louvre / Dept des sculptures ENT 1999.10	2006	Couche de cire. Dépôts atmosphériques typiques de l'exposition en extérieur : croûtes noires ou poussières indurées et altérations dues aux micro-organismes avec noircissement ponctuels. Taches oranges légères	Gel Pelable, attapulgit + CMC : pas de résultats  White spirit dans des compresses de pulpe de cellulose : résultat satisfaisant	Elimination de la couche de cire avec du White Spirit  Compresses de carbonate d'ammonium (sans doute celui à 50gr/l mais sans précisions...) et compresses d'éthanol qui élimine une couche jaune (?)	/	/	/
Buste de femme (Faustine ?)	Louvre / Dept des sculptures ENT 1999.11	2006	Couche de cire. Dépôts atmosphériques typiques de l'exposition en extérieur : croûtes noires ou poussières indurées et altérations dues aux micro-organismes avec noircissement ponctuels. Taches oranges très étendues et très colorées	Hypochlorite de calcium suivi d'un rinçage à l'aide d'une solution ammoniaquée sur un batonnet de coton : résultat peu satisfaisant au vu de l'agressivité du produit. Il est possible que ce mélange ait été utilisé sur les deux bustes moins tachés.				
Buste de femme (Bérénice ?)	Louvre / Dept des sculptures ENT 1999.12	2006	Couche de cire. Dépôts atmosphériques typiques de l'exposition en extérieur : croûtes noires ou poussières indurées et altérations dues aux micro-organismes avec noircissement ponctuels. Taches oranges légères	Thiosulfate de sodium sur un batonnet de coton pour décolorer les ions métalliques : pas de résultats nous ne sommes pas en présence de rouille.				