L'érosion des statues de pierre

Introduction

On nomme "roche" tout matériau qui constitue l'écorce terrestre. Les roches sont essentiellement composées de matières minérales et de matières organique. Le mot "pierre" désigne lui un morceau de roche.

La roche possède une grande diversité d'aspects :

- durable/cohérente (granit, marbre)

- friable (craie, talc) qui s'effrite lorsqu'elle est soumise à une pression

- modelable et plastique (argile humidifié)

- "meuble" (sable, qui finit par se solidifier et donne une roche dure et cohérente, le grès)

Dégradation

La principale différence entre ces types de roches est la résistance à la dégradation. C'est pourquoi les roches durables/cohérentes, les plus résistantes, sont privilégiées dans le domaine de la sculpture. Le calcaire, le grès, le granit ou le marbre sont par exemple des roches très communément utilisées pour sculpter des statues.

Plusieurs facteurs peuvent causer la dégradation de la pierre. Les facteurs biologiques, tels que les animaux, les insectes, les plantes, les champignons et les algues peuvent attaquer le matériau. L'action du vent et de la pollution atmosphérique sont également à prendre en considération. Cependant, parmi toutes les causes d'altération de la roche, l'eau reste le plus important. Sa présence est déterminante dans l'apparition de la plupart des autres types de détérioration. L'eau favorise en effet l'activité des organismes vivants, transporte les polluants présents dans l'air, exerce une action mécanique par son gel et par sa chute lorsqu'il pleut.

Ci-avant une photo du sphinx, que l'action du vent a fortement dégradé à travers les siècles.

Expérience : Les effets de l'acidité de la pluie sur la pierre

L'eau étant souvent la plus grande cause de dégât sur les statues, nous avons choisi de démontrer un de ses effets. Nous allons mettre en évidence l'effet de l'acidité de l'eau de pluie sur la pierre.

Bien que peu communément utilisée dans le domaine de la sculpture, nous avons choisi de démontrer la détérioration de la craie. En effet, cette roche est plutôt fragile donc facilement altérable, ce qui nous permettra d'économiser du temps. Elle est par ailleurs composée presque exclusivement de carbonate de calcium ($CaCO_{3(s)}$), également composant majeur du marbre. Enfin, le phénomène observé est de toute manière le même chez les autres types de roches.

La pluie, elle, en plus de son action mécanique, attaque également la pierre par son acidité. D'un pH naturel situé entre 5 et 6, la pluie n'est pas extrêmement acide mais engendre des dommages dans la durée. Pour gagner du temps, nous allons la remplacer dans notre expérience par du vinaigre blanc. Avec un pH de 2, il nous permettra d'observer l'action de l'acidité sur la craie bien plus rapidement.

Notre expérience consiste donc à plonger un morceau de craie dans du vinaigre.

L'acide acétique contenu dans le vinaigre réagit avec le carbonate de calcium composant la craie. On remarque également un dégagement de dioxyde de carbone. La réaction suivante se produit au contact des deux réactifs :

$$CaCO_{3(s)} + 2\ CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(s)} + 2\ CH_3COO^-_{(aq)} + CO_{2(g)}$$

Dégagement de dioxyde de carbone

Ces deux photos montrent le même morceau de craie, la première a été prise au début de l'expérimentation, la seconde après 72 heures. On note que le niveau de détérioration de la craie après trois jours d'immersion a évolué. Le morceau est cassé en deux, des cavités se sont formées à sa surface et des petits fragments se sont séparés de la craie.

Les dommages causés par l'acidité du vinaigre sur la craie témoignent de ceux causés par l'acidité naturelle de la pluie sur les statues de pierre.

Exemples

Ci-dessus deux exemples des dégâts de l'acidité de la pluie sur des sculptures en pierre. La seconde statue est la même que la première mais après une exposition de plusieurs années aux intempéries. Les détails du visage et des tissus sont particulièrement détériorés.

Interventions

Heureusement, différents moyens se sont développés pour faire face à ces différents types de dégradations.

De nos jours, les interventions sur des œuvres d'art en pierre débutent systématiquement par une analyse laboratoire d'un échantillon du matériau pour déterminer précisément le type d'altération auquel il est sujet et sélectionner les bonnes méthodes de traitement. Celles-ci sont choisies en fonction du type d'altération, de la nature de la pierre, son état de conservation et l'étendue de la surface à traiter. Chaque statue demande par conséquent son propre diagnostique et traitement. Souvent, plusieurs techniques sont employées sur une même sculpture.

On peut classer les procédures en différentes catégories :

- Les méthodes mécaniques consistent à enlever les dépôts organiques, les plantes, algues, lichens, les éléments nutritifs favorisants leur développement ou encore les dépôts minéraux. On peut ainsi user d'abrasifs, d'eau sous pression, de scalpels, spatules ou autres racloirs.

- Les méthodes physiques consistent en l'emploi de rayonnement électromagnétique. Les rayons ultraviolets peuvent être utilisés contre les algues et les lichens, et les rayons micro-ondes contre le développement des graines. Néanmoins, ces méthodes sont extrêmement rares et n'ont jusqu'ici seulement été utilisées expérimentalement, du fait de leur coût notamment.

- Les méthodes chimiques sont quant à elles légèrement plus populaires dans les interventions sur des statues de pierre. Il s'agit là d'appliquer par vaporisation ou badigeonnage un composé chimique sur la matière, permettant ainsi d'éliminer les espèces nuisibles identifiées. Un algicide sera ainsi employé contre les algues et lichens, un herbicide contre les plantes, un antibiotique contre les micro-organismes, et un acide tel que l'acide chlorhydrique contre les incrustations calcaires. Cependant, il faut être vigilent là aussi et prendre en compte la toxicité de la substance employée, sa pollution et son efficacité.

- Les méthodes de consolidation sont appliquées lorsque la statue présente des fissures ou autres cavités. On peut alors les reboucher grâce par exemple à du silicone, de la résine ou du lait de chaux, qui durcit au contact du dioxyde de carbone :

$$Ca(OH)_{2(s)} + CO_{2(g)} = CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$

Une fois la statue traitée, une méthode de protection est envisageable. Les enduits sont en général privilégié pour cela. On applique en fait une couche de matière qui est lentement dégradée par l'environnement à la place de la pierre elle-même. Elle doit par conséquent être renouvelée. De l'eau de chaux, différentes huiles ou cires peuvent être badigeonnées pour protéger la pierre de l'eau. Certains enduits peuvent par contre prendre une couleur différente de la couleur originale de la sculpture. L'accumulation de couches d'enduit est elle aussi redoutable.