
Les sculptures en bronze à l'extérieur

altérations
bilan des interventions
état de la question

Monographie préparée sous la direction de

Madame **Nathalie VOLLE**, conservateur en chef du patrimoine,
département de la conservation-restauration, centre de recherche et
de restauration des musées de France,

et de

Madame **Catherine CHEVILLOT**, conservateur du patrimoine,
département de la conservation-restauration, centre de recherche et
de restauration des musées de France.

Jean-Claude HEIN

Promotion 2000-2001

REMERCIEMENTS

Plusieurs personnes m'ont apporté une aide précieuse dans la réalisation de cette monographie, notamment :

Madame **Geneviève AITKEN**, responsable de la bibliothèque du centre de recherche et de restauration des musées de France.

Monsieur **Antoine AMARGER**, restaurateur, spécialisé dans la restauration de statues métalliques.

Monsieur **Marc AUCOUTURIER**, directeur de recherche au centre de recherche et de restauration des musées de France.

Madame **Marie-Thérèse BERGER**, responsable de la base « Objets » du centre de recherche et de restauration des musées de France.

Mademoiselle **Marie-Noëlle BOISSON**, qui a bien voulu relire l'ensemble du texte et m'a fourni de précieux conseils.

Madame **Geneviève BRESC**, conservateur en chef du patrimoine, département des sculptures, musée du Louvre.

Monsieur **Daniel IMBERT**, conservateur des musées de la ville de Paris.

Que tous trouvent ici l'expression de mes plus vifs remerciements.

Introduction générale.....	5
Champ de l'étude	5
Difficultés et limites	6
Plan.....	7

ALTERATIONS : VOIR OU PREVOIR ?

Introduction.....	9
I. ALTERATIONS ET DEGRADATIONS	10
I.1 L'environnement, facteur de corrosion à tous les niveaux.....	10
I.2 L'homme : des dégradations diverses parfois évitables.....	14
II. SPECIFICITE DU PLEIN AIR	17
II.1 Notions théoriques.....	17
II.2 Les effets sur les sculptures en bronze	20
III. COÏNCIDENCES OU TENDANCES ?.....	23
III.1 Coïncidences ?	23
III.2 Tendances	24
Conclusion	26

INTERVENTIONS

Introduction.....	28
I. EXAMEN, ETUDES ET ANALYSES AVANT INTERVENTION	29
I.1 Examen visuel et étude de la documentation.....	29
I.2 Pertinence d'une analyse des produits présents en surface ?	30
I.3 Des techniques d'investigation en devenir.....	31
I.4 Choix des interventions	33
II. LE NETTOYAGE : UNE PHASE DELICATE	34
II.1 La méthode mécanique : scalpel et abrasifs	34
II.2 La méthode chimique.....	35
II.3 Exposition à un plasma	36
III. SUBSTITUTIONS	38
III.1 La structure interne	38
III.2 Reconstitutions	39
III.3 Une alternative à une intervention risquée : la conservation en intérieur	39
IV. ULTIME ETAPE : HOMOGENEITE ET PROTECTION.....	41
IV.1 Stabilisation de la corrosion	41
IV.2 Retouches	42
IV.3 Le revêtement.....	43
Conclusion.....	46

CONSERVER : INVENTORIER ET PLANIFIER ?

Introduction.....	48
I. PRESENTATION DE PROJETS DE GRANDE ENVERGURE	49
I.1 Description des projets.....	49
I.2 Comparaisons entre les projets	50
II. SUIVI PROGRAMME OU INTERVENTION URGENTE ?.....	53
II.1 Les apports d'un suivi programmé	53
II.2 Applications en matière de conservation.....	54
III. LA CONSERVATION DES ŒUVRES CONTEMPORAINES.....	55
III.1 Le rôle de l'artiste dans la conservation des œuvres	55
III.2 Suivre les œuvres contemporaines dès l'origine.....	56
Conclusion.....	58
Conclusion générale.....	59
Bibliographie.....	60
Annexes	66
Illustrations	83
Mots-clefs.....	86
Résumé.....	87

Introduction générale

De tradition antique, l'utilisation de statues métalliques pour décorer les espaces publics a connu un fort développement en France au début du xvii^e siècle. Equestres ou en pied, ces statues occupaient principalement les centres des places nouvellement créées, où elles tenaient un rôle décoratif tout en glorifiant le souverain ou un grand personnage du règne. Le bronze était déjà, tant pour des raisons esthétiques que de conservation, l'alliage le plus utilisé.

Si le xviii^e siècle a poursuivi cette tradition, la période révolutionnaire fut au contraire iconoclaste. A une destruction idéologique s'est souvent ajoutée une nécessité économique. Grilles, flèches d'églises, etc. mais aussi sculptures décoratives furent envoyées à la fonte afin de fournir aux armées révolutionnaires piques et canons.

Au xix^e siècle, les régimes successifs ont largement utilisé la sculpture pour affirmer une légitimité souvent mise en cause ; nombre des œuvres conservées aujourd'hui proviennent de ce siècle qui est incontestablement celui de la sculpture en extérieur. Pour ne citer que quelques noms célèbres, Jean-Baptiste Carpeaux, Albert-Ernest Carrier-Belleuse, Jules Dalou, Alexandre Falguière, Emmanuel Fremiet ou encore Auguste Rodin sont tous des artistes du xix^e siècle. D'autre part, le bronze dut partager sa suprématie avec d'autres métaux ou alliages, tels le plomb, le zinc ou encore la fonte de fer.

Cette période de grande production s'achève avec la première guerre mondiale. Trente ans plus tard, la seconde guerre mondiale voit la disparition de nombreuses œuvres, fondues avec l'agrément, voire à la demande, du Gouvernement de Vichy.

Avec la seconde moitié du xx^e siècle, la sculpture en extérieur se modifie : les objets ou les formes abstraites ont tendance à se substituer aux personnages historiques, des matériaux diversifiés viennent parfois concurrencer les alliages plus classiques. Toutefois, la statue du général de Gaulle, inaugurée le 9 novembre 2000 place Clémenceau à Paris (8^e arrondissement), s'inscrit totalement dans la tradition. Conclusion du siècle qui vient de s'achever, elle assure la transition avec un millénaire dont on peut penser qu'il verra se perpétuer cet usage multiséculaire.

La France n'est pas le seul pays occidental à posséder une telle tradition. Des habitudes similaires existent non seulement en Europe, mais également au Canada et aux Etats-Unis. L'Asie a également fait un usage régulier du bronze pour la sculpture destinée à l'extérieur.

Ces œuvres sont condamnées à subir indéfiniment les atteintes du temps. Exposées aux intempéries, aux changements de température, à diverses formes de pollution, etc., elles présentent des problèmes de conservation et de restauration particuliers, sujets de cette étude.

Champ de l'étude

Il nous faut dès maintenant circonscrire le champ de notre étude.

Tout d'abord, si une sculpture est au sens large une œuvre tridimensionnelle, nous avons exclu – parfois plus par manque d'exemples que par volonté -, plaques commémoratives, petits ornements tels rosettes, épis, trophées, guirlandes, etc. ou autres petits mobiliers fabriqués en grande quantité, par exemple en usage dans les cimetières (urnes, génies funéraires). Nous nous concentrerons sur les œuvres en ronde-bosse ou faisant partie d'un décor monumental.

Par « sculpture en extérieur », nous entendrons des œuvres directement exposées aux intempéries ou protégées par une construction ouverte, comme par exemple un auvent ou une niche.

Concernant le matériau utilisé, nous nous limiterons au bronze, c'est-à-dire un alliage qui comprend principalement du cuivre, auquel ont été ajoutés un ou plusieurs autres métaux. L'article 1er de la loi du 10 mars 1935, visant à protéger les objets d'art fabriqués et vendus sous la domination de bronze, nous fournit une définition précise de cet alliage :

« Il est interdit de mettre en vente et de vendre des objets d'art sous la dénomination "bronze" (...) un alliage métallique dans lequel le cuivre entre dans une proportion qui ne peut être inférieure à 65% du poids total de l'objet manufacturé, le complément étant constitué par l'adjonction d'autres métaux. »

Egalement utilisés pour des œuvres placées en extérieur, le plomb, le zinc ou encore la fonte de fer ne seront pas examinés, sauf s'ils apportent témoignages ou solutions pouvant être directement appliqués au bronze. Le laiton, autre alliage cuivreux, a également été écarté en raison de sa forte teneur en zinc, qui en fait un cas particulier.

La restriction sera également géographique : des exemples venant des pays d'Europe et de l'Amérique du Nord seront présentés dans cette étude, alors que les autres pays, notamment ceux d'Asie, ne seront pas considérés. En effet, les questions liées aux sculptures conservées à l'extérieur sont fortement dépendantes de l'environnement, et donc du climat. En Asie, région majoritairement tropicale connaissant de fortes moussons, les conditions diffèrent radicalement par rapport à celles d'un pays tempéré. De même, les techniques de fonte et les méthodes de conservation ne sont souvent pas les mêmes, interdisant les rapprochements.

Nous nous limiterons également dans le temps. Provenant de fouilles, les bronzes archéologiques ont le plus souvent subi une corrosion très avancée due à leur présence prolongée dans le sol, et nécessitent pour cette raison une approche différente. La présente étude s'intéressera essentiellement aux sculptures datant des temps modernes, du xvii^e siècle au xx^e siècle. On peut toutefois noter qu'en règle générale, les œuvres antiques, de par leur fragilité accrue et leur caractère insigne, ne sont pas exposées en extérieur mais plutôt dans un environnement contrôlé.

Difficultés et limites

La principale difficulté que nous avons rencontrée est liée à la pluralité des domaines concernés. En effet, la conservation et la restauration des œuvres en bronze est liée à la métallurgie, la chimie, l'environnement, etc. La conséquence immédiate est la dispersion des ressources documentaires : aux traditionnelles revues publiées par les musées et les centres de restauration viennent s'ajouter celles du secteur industriel, de la recherche fondamentale ou appliquée (notamment en physique et en chimie), du secteur métallurgique, toutes susceptibles de fournir des éléments.

En conséquence, nous n'avons pu consulter qu'un nombre restreint de publications par rapport à une bibliographie « idéale » qui inclurait tous les articles que nous avons pu voir cités. Toutefois, nous avons eu accès à un nombre important d'ouvrages et de dossiers de restauration.

Limité par un délai court, nous avons dû opérer des choix à l'intérieur d'un sujet qui, à notre grande surprise, s'est révélé extrêmement vaste. Nous avons donc dû occulter les cas particuliers pour nous consacrer aux aspects les plus essentiels. Les altérations et interventions liées aux dorures ont par exemple été laissées hors du champ de l'étude pour cette raison. De même, lorsque nous présentons les techniques de nettoyage, c'est à

dessein que nous n'avons pas mentionné de nombreuses phases intermédiaires, comme le dégraissage ou le rinçage de l'œuvre.

Enfin, nous n'avons pas pu développer comme nous l'aurions souhaité des thèmes qui, à notre avis, pourraient donner lieu à une étude complète : les techniques de nettoyage ou la pertinence d'un revêtement nous semblent relever de cette catégorie.

Plan

Dans une première partie, nous étudierons les phénomènes d'altérations et de dégradations des sculptures. Une question sous-jacente, que nous poserons en fin de partie, guide cette présentation : peut-on modéliser les processus de corrosion ?

La seconde partie sera consacrée aux interventions sur les œuvres. Deux aspects seront plus particulièrement étudiés : les techniques nouvelles d'une part, les phénomènes d'inhibition de la corrosion et d'application d'un revêtement protecteur d'autre part.

Enfin, la troisième partie présentera quelques projets de conservation-restauration de grande envergure mis en place dans divers pays. Elle tentera ensuite de faire le bilan des mesures de conservation, pour dégager l'intérêt d'une conservation orientée vers la prévention plutôt que vers l'urgence.

**Altérations : voir
ou
prévoir ?**

Introduction

Pour un observateur, même attentif, les statues en bronze qui jalonnent son voisinage sont des œuvres à la stabilité légendaire. Un film tourné à raison d'une image par jour lui apporterait la preuve du contraire : les sculptures se ternissent, changent de couleur, se couvrent de dépôts noirâtres, se fendent, etc. A ces phénomènes, observables uniquement dans la durée, s'ajoutent ceux plus immédiatement perceptibles comme les cassures ou les écroulements subits. Que ce soit pour des raisons naturelles ou humaines, les œuvres en bronze ne sauraient défier le temps.

En comparaison avec des œuvres conservées à l'intérieur d'un musée, les sculptures en bronze placées en extérieur subissent directement les attaques d'un environnement parfois agressif. Ce sont évidemment ces phénomènes, spécifiques au plein air, qu'il nous a semblé le plus intéressant d'étudier. Nous nous concentrerons donc plus particulièrement sur la corrosion sous ses différents aspects.

Dans cette première partie, après avoir fait l'inventaire des principales formes d'altérations et de dégradations, nous examinerons plus spécialement les phénomènes environnementaux et leurs effets sur les œuvres. Nous nous interrogerons enfin sur la modélisation des phénomènes de corrosion et leur prédictibilité.

I. Altérations et dégradations

Les altérations sont les « modifications progressives et inéluctables de l'état initial d'un matériau ou d'un objet dues le plus souvent à la conjonction de causes physiques, chimiques, biologiques ou à l'action humaine »¹. Les dégradations, en revanche, représentent « les dommages, intentionnels ou non, subis par une œuvre »². Leur cause est plutôt humaine et porte atteinte à l'intégrité de l'œuvre.

I.1 L'environnement, facteur de corrosion à tous les niveaux

La corrosion : un phénomène naturel

L'oxydation est une altération chimique qui se produit par réaction d'un élément avec un oxydant, qui peut être de l'oxygène, du soufre, du chlore, etc. Lorsque cette oxydation « modifie les propriétés d'un métal ou d'un alliage »³, on emploie le terme général de corrosion.

Ce phénomène est naturel : les métaux se rencontrent dans la nature sous forme de minerais, et des procédés artificiels, parfois lourds à mettre en œuvre, sont nécessaires pour extraire le métal du minerai qui le contient. Pour le cuivre, principal composant du bronze, les formes minérales les plus fréquentes sont la cuprite, la malachite, la chalcosine, etc. même s'il est vrai qu'on trouve du cuivre natif en petite quantité, notamment dans la région du Lac Supérieur aux Etats-Unis⁴.

D'une façon générale, la corrosion est un processus d'une très grande complexité, dont un certain nombre de principes ne sont pas encore totalement élucidés. Les théories sont toutefois toutes fondées sur la structure atomique de la matière. L'atome est formé de charges positives (protons) et de charges négatives (électrons) qui s'équilibrent. Les métaux, de par la répartition des électrons sur les orbites autour du noyau, ont tendance à perdre des électrons. Ce départ des électrons provoque la corrosion, qui aboutit à une transformation du métal initial. Dans le cas du cuivre, la répartition des vingt-neuf électrons laisse un électron isolé qui a tendance à être arraché (la structure électronique de l'élément cuivre est fournie en annexe 1). Un ion cuivre de formule Cu^+ est ainsi formé, mais très instable, il se transforme spontanément soit en cuivre Cu , soit en ion cuivre Cu^{2+} , ce dernier étant stable.

L'utilisation d'un alliage vient augmenter la complexité du phénomène. De même, la conservation en extérieur n'autorise pas à différencier nettement – comme il est fait habituellement – la corrosion sèche de la corrosion humide, puisque l'œuvre passe alternativement d'un état à l'autre.

Altérations de surface

Tout matériau est séparé de son environnement - qui peut être gazeux, solide ou liquide -, par sa surface. Dans le cas d'une œuvre en bronze, cette surface est assez difficile à définir précisément. Elle se compose en effet de plusieurs couches superposées

¹ CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

² CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

³ BAUDRY Marie-Thérèse. *La sculpture. Méthode et vocabulaire*. p. 648.

⁴ BETEKHTINE. *Manuel de minéralogie descriptive*. p. 165.

ou amalgamées : patine naturelle ou artificielle, produits de corrosion, produits exogènes tels que crasse, croûtes noires, etc. et enfin de façon quasi-systématique un revêtement.

La patine

« Mise en couleur » de l'œuvre, la patine est une coloration ayant un rôle décoratif et éventuellement un effet protecteur. Après les opérations de finition, la sculpture ne possède pas de teinte uniforme, mais est marquée par les traces de soudure, de chalumeau, etc. Un ciseleur adroit sera éventuellement capable de faire disparaître ces marques, mais il ne peut modifier la couleur de l'œuvre : une transformation de la surface est alors nécessaire. Outre sa couleur, une patine peut également donner au métal ou à l'alliage un lustre particulier.

On distingue les patines naturelles et les patines artificielles. La première est une « sulfuration naturelle qui acquiert, selon la composition de l'alliage et le milieu où il est conservé, une coloration et une épaisseur variable »⁵. Les patines artificielles sont des altérations de la couleur spécifique du métal ou de l'alliage, obtenues à l'aide de divers acides⁶. Pour patiner, on effectue tout d'abord un dérochage⁷. En fonction de la couleur recherchée, on utilise pour le vert « antique », de l'acide acétique mélangé avec du chlorhydrate d'ammoniaque, du sel marin, de la crème de tartre et d'acétate de cuivre ; pour le brun-rouge, de l'acide acétique mélangé avec de la sanguine ; pour des teintes foncées allant du brun au noir, de l'acide sulfurique dilué. Bien entendu, il ne s'agit que de généralités, car chaque artiste possède en réalité ses propres recettes, et ne les communique parfois qu'avec difficulté⁸. Les patines artificielles sont le plus souvent réalisées sur pièce chaude : l'œuvre est rapidement passée sous la flamme d'un chalumeau tandis que le mélange acide est étalé au pinceau ou au moyen d'un vaporisateur.

A ces tendances générales viennent s'ajouter quelques patines noires préparées avec de l'huile contenant du noir de fumée⁹. Signalons également que dans les années 1900, quelques bronzes ne furent pas patinés, mais nickelés¹⁰. Enfin, si la grande majorité des œuvres possèdent une patine artificielle, il semblerait que certaines sculptures, dédiées à l'extérieur, aient été laissées brutes. Malheureusement, nous n'avons pas trouvé d'ouvrage traitant de ce sujet de façon approfondie.

Il n'existe pas de patine qui soit entièrement artificielle. Exposée à l'extérieur, elle va en effet poursuivre sa transformation et se modifier.

Les produits de corrosion

Les produits de corrosion sont des sels¹¹ métalliques, le plus souvent des sulfates, des chlorures et des oxydes de cuivre. Ils proviennent d'une transformation chimique de l'alliage de la sculpture et peuvent soit adhérer complètement à la surface qui les a générés, soit au contraire se présenter sous une forme pulvérulente.

⁵ BAUDRY Marie-Thérèse. *La sculpture. Méthode et vocabulaire*. p. 634.

⁶ Le mot « patine » s'utilise aussi pour un revêtement ; nous le limitons ici à la coloration obtenue par une méthode physico-chimique.

⁷ Le dérochage constitue à décrocher les métaux au moyen d'un acide.

⁸ De nombreuses « recettes » sont toutefois fournies par RAMA Jean-Pierre. *Le bronze d'art et ses techniques*. p. 337-342.

⁹ RAMA, Jean-Pierre. *Le bronze d'art et ses techniques*. p. 341.

¹⁰ L'exemple de la *Jeanne d'Arc prisonnière* de Barrias est cité dans BAUDRY Marie-Thérèse. *La sculpture. Méthode et vocabulaire*. p. 296.

¹¹ En chimie, un sel est un composé formé par le remplacement de l'hydrogène d'un acide par un métal.

Puisque corrosion et patine sont toutes les deux le résultat d'une transformation physico-chimique de l'alliage, une question de bon sens se pose : où finit la patine et où commence la corrosion ? Cette question, qui peut sembler anodine, est en fait primordiale puisqu'elle peut motiver un choix d'intervention.

En effet, la patine artificielle, souhaitée - et parfois réalisée - par l'artiste, fait partie de l'œuvre. Elle devrait donc être conservée au même titre que la sculpture. Toutefois, l'artiste est également conscient qu'évoluant avec le temps de façon naturelle, la composition et l'apparence de cette patine sont amenées à se modifier.

Si la théorie veut que l'on ôte les produits de corrosion jusqu'à atteindre la surface originale, en pratique cette limite n'a pas d'existence bien définie. Les dossiers de restauration utilisent d'ailleurs le plus souvent le terme de « surface saine ». Nous touchons là un des problèmes majeurs rencontrés par les restaurateurs, notamment lors du nettoyage des œuvres.

Les produits exogènes

D'autres produits sont également présents en surface. Ils proviennent le plus souvent d'un dépôt éolien, et contrairement aux produits de corrosion, ne sont donc pas issus de la surface.

Les principaux produits que l'on trouve sur les œuvres sont les dépôts superficiels, les dépôts incrustés et les croûtes noires. Les dépôts superficiels sont des « amas de matières étrangères de diverses natures (poussière, débris, terre, déjections animales) qui présentent en général peu de cohésion et adhèrent peu au substrat »¹². En revanche, les dépôts incrustés adhèrent généralement très fortement au support. Enfin, les croûtes noires sont des « concrétions englobant des poussières, des cendres volantes et des suies cimentées par du gypse, se développant sur les surfaces protégées des ruissellements »¹³.

Ces différents produits sont hygroscopiques et maintiennent un niveau d'humidité élevé à la surface de l'œuvre, favorisant la corrosion. Inesthétiques et non souhaités par l'artiste, ils sont systématiquement ôtés lors du nettoyage de l'œuvre. Enfin, signalons qu'ils peuvent se retrouver sous un revêtement si le nettoyage n'a pas été effectué de façon complète avant application.

Le revêtement

Au sens large, un revêtement est « une couche de matériau déposée sur une surface pour lui donner un autre aspect ou la protéger des altérations »¹⁴. Les revêtements les plus couramment utilisés de nos jours sont les cires microcristallines, parfois additionnées de produits inhibiteurs de corrosion. Ce ne fut toutefois pas toujours le cas, et certaines restaurations se sont dans le passé conclues par l'application de produits qui ne seraient plus utilisés aujourd'hui : peinture, huiles diverses, bronzine¹⁵, etc. qui peuvent en vieillissant « tourner » et donner des résultats très peu esthétiques¹⁶.

¹² CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

¹³ CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

¹⁴ CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

¹⁵ La bronzine est une poudre de bronze ou de laiton agglutinée par des liants. Fréquemment utilisée pour retoucher les lacunes des dorures, elle fut également employée pour recouvrir des œuvres.

¹⁶ Voir par exemple le groupe équestre représentant *Simon Bolívar*. Une restauration fut nécessaire en 1995 après que la peinture se soit complètement craquelée. Dossier de restauration *Emmanuel Fremiet – Simon Bolívar* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

En règle générale, les cires et les inhibiteurs qu'elles contiennent ne provoquent pas d'altérations sur les œuvres (nous revenons largement sur cette question dans un autre chapitre). Toutefois, les revêtements épais peuvent représenter une couche de plusieurs millimètres posée sur l'œuvre, ce qui peut être discutable d'un point de vue esthétique.

Altérations au cœur du métal

Est-ce que le bronze, en dehors des altérations liées aux fentes et aux fêlures¹⁷ (qui reviennent à un problème de surface), peut être atteint en son cœur ? Examiné à un très fort grossissement, le bronze apparaît spongieux. Si des bulles de gaz sont remontées vers la surface lors de la fonte, cette propriété est encore accentuée. En théorie, l'eau et l'oxygène pourraient donc pénétrer à l'intérieur de l'alliage et y provoquer une corrosion, dite alors « intercrystalline ». L'existence de ce phénomène, qui se traduit par une perte de cohésion au niveau de la structure cristallographique, a été mise en évidence pour le zinc¹⁸.

Malheureusement, nous n'avons pas rencontré d'article mentionnant ce type d'altération. En effet, les dossiers de restauration se concentrent principalement sur la surface. De même, si les articles techniques que nous avons consultés donnent souvent la composition de l'alliage, ils préfèrent en analyser la surface et non le cœur¹⁹.

Altérations à l'intérieur de l'œuvre

En grande majorité, les sculptures en bronze de grande taille sont creuses. Cela ne signifie pas pour autant qu'elles soient vides : divers matériaux peuvent en occuper l'espace interne.

Invisible mais souvent indispensable dès que l'œuvre atteint une dimension importante, l'armature d'une sculpture est une structure, généralement métallique dans le cas du bronze, qui maintient l'œuvre et garantit sa tenue. Si l'armature vient à céder, la sculpture présente un risque d'effondrement. Cette structure interne se compose de barres métalliques et de boulons, tiges filetées, etc.

Pour des raisons esthétiques, les éléments permettant l'assemblage de l'œuvre sont également masqués. L'assemblage est « l'ensemble des procédés permettant de lier mécaniquement, de façon fixe ou mobile, les parties structurelles d'une œuvre »²⁰. En sculpture, rivets, gougeons, clavettes, etc. sont utilisés pour l'assemblage. On peut y ajouter les pattes et autres éléments garantissant l'ancrage de l'œuvre.

Toutes ces parties ont souvent été réalisées en fer, métal hautement oxydable. En effet l'oxygène de l'air, en présence d'eau, oxyde le fer et forme la rouille. Cet oxyde est poreux et ne protège pas le fer, qui continue à s'oxyder jusqu'à minéralisation²¹. Le risque est alors très important puisque, par exemple pour l'armature, la charge prévue pour être absorbée par la structure est reportée sur l'œuvre, qui peut subitement se tordre ou se casser (on parle alors de « désordre statique »). Le fer présente un autre inconvénient,

¹⁷ Une fente est une ouverture longue, étroite et profonde se produisant dans la masse du matériau. Une fêlure (ou une fissure) est une petite fente dont les bords ne sont pas séparés.

¹⁸ MOTTNER Peter *et al.* *Investigations into intercrystalline corrosion and conservation of zinc.*

¹⁹ Nous avons cependant trouvé dans PARIS PRESICCE Claudio. *La lupa capitolina*. p 89 : « La maggior parte delle trasformazioni (...) sono rappresentate sulla patina e, attraverso di essa, raggiungono l'interno della materia » (nos italiques). (La majeure partie des transformations sont représentées sur la patine et, à travers elle, rejoignent l'intérieur de la matière).

²⁰ CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire.*

²¹ On parle de « minéralisation » quand un métal, totalement corrodé, est retourné à l'état de minerai.

puisqu'en contact du bronze, il a tendance à se dégrader en raison d'un phénomène électro-chimique que nous serons amenés à décrire plus en détail par la suite. Des traces de rouille qui « remontent » à l'extérieur de la sculpture sont donc un signe alarmant. Un examen approfondi doit alors être rapidement effectué afin d'en déterminer la cause.

Un phénomène aggravant est la présence d'un noyau à l'intérieur de la sculpture. Fait le plus souvent de terre de potée dans le cas d'une fonte à la cire perdue ou de sable dans le cas d'une fonte au sable, le noyau est normalement ôté après la fonte lors d'une opération appelée débouillage. Mais par manque d'accès, de temps ou de rigueur, tout ou partie du noyau peut être laissé à l'intérieur de l'œuvre. Hygroscopique, le noyau va en absorbant l'humidité stimuler la corrosion, notamment de l'armature. D'autre part, si l'œuvre est ouverte, c'est-à-dire si l'eau pénètre par une fente ou une déchirure, ce noyau va s'imbiber d'eau ; les éléments en fer peuvent alors se corroder très fortement et créer une pression suffisante pour faire éclater l'œuvre.

Ces problèmes sont particulièrement sérieux pour deux raisons : ils peuvent entraîner une altération très importante de l'œuvre, et de plus, ils sont difficilement détectables. Dans un cas extrême mais tout à fait plausible, une œuvre paraissant un excellent état de conservation peut, en raison d'une armature minéralisée ou d'une déchirure, subitement s'écrouler ou éclater.

I.2 L'homme : des dégradations diverses parfois évitables

La seconde catégorie de modifications que nous souhaitons présenter est liée à l'homme. Nous l'avons précisé en introduction, cet aspect n'est pas l'objet principal de la présente étude. Toutefois, dans un souci d'exhaustivité, nous avons choisi d'évoquer succinctement ces dégradations.

Dégradations de contact : abrasions, éraflures et chocs

L'abrasion est une « usure d'un matériau ou d'un revêtement »²². Lorsqu'elle est volontaire et contrôlée, l'abrasion est utilisée comme méthode de nettoyage ; non contrôlée, elle peut modifier la composition de la couche superficielle de l'œuvre. Assez similaire, l'éraflure est une détérioration produite par un frottement violent qui enlève des parcelles de matière.

Le désir de rapporter en souvenir une photographie de son compagnon de voyage enlaçant une statue représentant un personnage ou assis à califourchon sur un animal ne semble pas vouloir passer de mode. Boutons métalliques, boucles de ceintures, voire chaînes peuvent abraser l'œuvre ou l'érafler. En comparaison avec les œuvres en pierre, certaines sculptures en bronze sont toutefois protégées par leurs coulures supposées salissantes, qui n'incitent pas au contact.

Le contact direct avec la main, s'il est répété des milliers de fois, peut s'apparenter à une abrasion²³. Les visages et les pieds des personnages, qui sont la cible favorite des mains caressantes, peuvent alors prendre une couleur très différente de celle du reste de l'œuvre, nécessitant une intervention de restauration²⁴ (voir les illustrations – planche 1 en fin de document).

²² CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

²³ Le phénomène est toutefois plus complexe qu'une simple abrasion, en raison de la présence d'acide à la surface de notre peau.

²⁴ Ce fut par exemple le cas pour le nez du buste de *Napoléon* par Lorenzo Bartolini, conservé au musée du Louvre. Dossier MR 3327 disponible à la conservation du musée du Louvre (département des sculptures).

Les parties basses des sculptures sont parfois directement soumises aux chocs : bicyclettes, planches à roulettes, et depuis peu patinettes, peuvent venir y finir leur course. Il en résulte des enfoncements, entraînant dans le pire des cas une rupture de la surface. Ces « blessures » laissées au bronze nécessitent également une intervention de restauration.

Dégradations volontaires : graffitis, gravures et collages

Les graffitis sont des « inscriptions ou dessins tracés à la surface d'une œuvre sculptée ne faisant pas partie de la composition ou du décor »²⁵. Ce type de dégradation est plus fréquent en période de crise (émeutes, révoltes, etc.). Parmi ces graffitis, les gravures volontaires en creux, faites par exemple au moyen d'un couteau ou d'une clef, sont les plus dommageables. En effet, elles modifient localement la surface et lui donnent des orientations qui peuvent favoriser des altérations en profondeur.

Occasionnellement, l'œuvre peut également être utilisée comme support pour un autocollant. Une première dégradation, due à la colle réagissant chimiquement avec la surface de l'œuvre, est à craindre. Mais c'est peut-être plus encore le décollage qui peut présenter un risque. En effet, un solvant mal choisi peut entraîner des modifications de surface désastreuses²⁶.

Autres dégradations

Les vibrations peuvent, par exemple en entraînant un dévissage des boulons, provoquer une désolidarisation de l'assemblage. Une solution, retenue par la Fonderie Coubertin lors de l'intervention sur le *Monument au maréchal de Moncey* par Amédée Donatien Doublemard²⁷, consiste à mettre en place une bande de plomb entre la pierre et la base de l'ossature pour absorber les vibrations.

Mesures préventives

Certaines de ces dégradations peuvent être évitées par le choix d'un emplacement protégé ou au moyen d'une mise à distance du public. Socles élevés et barrières offrent une première protection. Des écriteaux ou mieux, des pictogrammes compréhensibles par tous, peuvent également donner des résultats. Toutefois, la mise en valeur de l'œuvre au sein de son environnement interdit parfois de telles solutions. Mais au moins faut-il écarter certains emplacements qui sont directement la cause de dégradations, comme il nous a été donné d'en voir au cours de cette étude²⁸.

De même, les œuvres trop isolées sont des proies faciles pour les vandales. Les statues du Maillol placées dans le Jardin du Carrousel à Paris en sont un bon exemple : les quatre sculptures *L'action enchaînée*, *Ile-de-France*, *Méditerranée* et *Nuit*, à l'écart des promeneurs – voire totalement dissimulée en ce qui concerne l'*Action enchaînée* – ont

²⁵ BAUDRY Marie-Thérèse. *La sculpture. Méthode et vocabulaire*. p. 666.

²⁶ Voir par exemple *Eve* d'Auguste Rodin, œuvre conservée au musée de Guéret. Un produit inadapté passé sur le ventre a mis l'alliage cuivreux à nu, nécessitant une retouche. Dossier disponible au C2RMF, site de Versailles, sous le n° 1448.

²⁷ Dossier de restauration *Amédée Donatien Doublemard – Monument au maréchal Moncey* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

²⁸ Voir par exemple le *Joseph Agricola Viala* par A. Allier conservé à Boulogne-sur-mer. L'examen effectué en 1993 a révélé la présence de graffitis et de chocs, largement favorisés par le choix d'un socle incluant un banc. Dossier disponible à la conservation du musée du Louvre (département des sculptures). Pour un exemple « extrême », voir la *Niobide blessée* par Camille Claudel, placée au centre d'une fontaine et prise dans une gangue de carbonate de calcium. Une tentative d'ôter la gangue au burin s'est soldée par des dégradations irréversibles. Dossier disponible au C2RMF, site de Versailles, sous le n° 210.

toutes les quatre été victimes de dégradations (voir les illustrations – planche 2 en fin de document).

II. Spécificité du plein air

Nous venons de le voir, les patines, les alliages, les armatures s'altèrent naturellement. En comparaison avec les œuvres conservées à l'intérieur des musées, ces phénomènes sont accélérés par diverses conditions particulières que nous allons maintenant examiner. Dans un premier temps, nous nous attacherons à décrire les facteurs environnementaux, puis dans un second temps, nous développerons leurs effets sur les œuvres.

II.1 Notions théoriques

L'air contient, en plus de ses constituants naturels, des impuretés et des polluants dont l'origine est soit naturelle (ce sont par exemple les poussières et les gaz émis lors des éruptions volcaniques), soit humaine et souvent liée aux activités industrielles. Nous donnons en annexe 2 la composition « normale » de l'air et en annexe 3 les volumes émis de différents polluants.

Les polluants de l'air sont généralement répartis en trois catégories : les particules solides, les gaz et les aérosols.

Les particules solides

Ces particules peuvent être constituées d'éléments non vivants (poussières d'argiles, de ciment, de charbon, cendres volantes, métaux et métalloïdes) ou vivants (bactéries, pollens, levures, spores). De même, leur origine est soit naturelle (argiles poussés par les vents), soit industrielle (transports routiers, rejets d'usines, etc.).

On a établi que l'atmosphère des villes contenait entre 100 à 200 fois plus de poussières que celle des campagnes. Pour la France, ce sont environ 200.000 tonnes de poussières qui sont émises par an, dont environ 40% sont dues aux transports²⁹. Environ 20.000 tonnes viennent recouvrir le seul sol parisien.

Les gaz

Contrairement aux poussières, l'essentiel des émissions gazeuses est en grande majorité d'origine naturelle (environ 900 mégatonnes d'origine naturelle pour 100 mégatonnes d'origine humaine). Cependant, une analyse par gaz montre que l'homme est parfois l'unique producteur.

Nous allons examiner plus en détail sept polluants gazeux : le dioxyde de soufre SO₂, les oxydes d'azote NO_x³⁰, l'ammoniac NH₃, les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone CO, l'ozone O₃ et les aérosols.

²⁹ Les chiffres proviennent de CITEPA. *Emissions dans l'air en France*. et PHILIPPON, Jacques. *L'environnement des œuvres d'art*.

³⁰ On désigne habituellement les oxydes d'azote sous l'appellation de NO_x qui regroupe l'oxyde azotique N₂O (le plus important), le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂.

Le dioxyde de soufre SO₂

Le dioxyde de soufre, polluant primaire de l'atmosphère, provient de l'oxydation du soufre contenu dans tous les combustibles fossiles. Depuis 1980, les émissions de dioxyde de soufre sont en France métropolitaine en très forte baisse. Après un maximum atteint en 1973 avec près de 3.800 kilotonnes de dioxyde de soufre émis, le volume des émissions se situe en dessous des 1.000 kilotonnes par an depuis quelques années.

Le dioxyde de soufre est également à l'origine de polluants secondaires, résultats de la transformation du polluant primaire.

Les oxydes d'azote NO_x

Les oxydes d'azote sont formés lors de combustions se produisant à une température élevée (environ 1.000°C). Les émissions proviennent à plus de 50% de la circulation automobile. L'oxydation des oxydes d'azote en présence d'eau conduit à la formation d'acide nitrique (HNO₃). L'acide nitrique est avec l'acide sulfurique le principal composant des pluies acides, dont le pH est situé entre 3,8 et 5,5. En comparaison, l'eau de pluie a un pH « naturel » de 5,6 dû au gaz carbonique naturel de l'air. C'est le dioxyde d'azote (NO₂) qui, avec le monoxyde de carbone, est à l'origine des nuages apparus dans les années 1960 dans des grandes villes comme Athènes, Mexico, etc.

En France métropolitaine, les émissions d'oxydes d'azote sont relativement constantes. Après l'année 1980 qui a vu une émission record de 2.000 kilotonnes, le volume émis s'est stabilisé pour les années 1990 aux alentours de 1.700 kilotonnes par an.

Comme pour le cas du dioxyde de soufre, il existe à côté du polluant primaire des polluants secondaires, tels que les peroxyacétylnitrates (PAN), réservoirs d'oxydants puissants.

L' ammoniac NH₃

Les activités agricoles sont à 95% à l'origine des émissions d'ammoniac. Le volume émis est très peu fluctuant, puisqu'il a varié d'1% en vingt ans. On note toutefois une hausse, légère mais constante, depuis 1993. Le volume émis en France métropolitaine se situe autour de 800 kilotonnes par an.

L'indicateur acide équivalent (Aeq)

Un indicateur appelé « acide équivalent » (Aeq) permet de suivre la quantité globale de substances acidifiantes rejetées dans l'atmosphère. Il est calculé à partir des trois polluants que nous venons de présenter : le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et l'ammoniac. D'autres substances participent également à l'acidification (par exemple le chlore) mais elles n'interviennent que d'une façon marginale du fait de leur faible niveau d'émission.

Les composés organiques volatils (COV)

Ces composés proviennent en grande partie du phénomène d'évaporation qui se produit lors de la fabrication ou l'utilisations de solvants. On les désigne sous le terme générique de composés organiques volatils (COV). Leur mécanisme d'action et leur émission sont bien moins connus que ceux des gaz précédents. Parmi ces composés, on peut citer le benzène ou encore le formaldéhyde, qui peuvent provoquer l'irritation des yeux et du nez.

En France métropolitaine, les émissions de composés organiques volatils sont en baisse et se situent actuellement aux alentours de 2.000 kilotonnes par an.

Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone résulte de la combustion incomplète et rapide d'un carburant ; le transport routier en est le principal producteur. Le monoxyde de carbone est en grande partie responsable de l'effet de serre provoqué par la rétention de la chaleur à la surface de la terre.

En France métropolitaine, les émissions de monoxyde de carbone sont en très forte baisse et se situent autour de 8.000 kilotonnes par an (près de 18.000 kilotonnes en 1973).

L'ozone O₃

L'ozone n'est considéré comme polluant que depuis quelques années. Oxydant puissant, il est également très nocif pour la santé (inflammation bronchique). L'ozone est un des constituants majeurs d'une forme de pollution par brouillard, fréquent dans les régions fortement polluées et ensoleillées, comme par exemple la Californie.

Les aérosols

Dernière catégorie, les aérosols sont assez mal connus. Pour certains chercheurs, ils seraient un constituant essentiel de la pollution atmosphérique. Ils sont présents dans notre air sous la forme de liquide en suspension, la taille des gouttes n'excédant pas le millième de millimètre de diamètre. Les aérosols constitueraient également une des bases des pluies acides.

L'environnement : une multiplicité de facteurs changeants

Que pouvons-nous conclure de ces données ? Tout d'abord, que les formes de pollution sont tout à fait différentes selon que l'on se trouve en milieu urbain, rural ou maritime. Cette division – forcément simplificatrice - devra donc être prise en compte pour toute analyse des phénomènes d'altérations liés aux polluants atmosphériques.

Ensuite, que les données environnementales ne sont pas constantes dans le temps. Certains polluants n'étaient encore que peu présents au début de notre siècle et le sont maintenant en grande quantité. Certains autres, après une phase ascendante, connaissent maintenant une très nette diminution. Au cours de leur vie, les œuvres ont évidemment réagi à ces changements.

La durée d'activité des polluants est également très diverse. Par exemple, le dioxyde d'azote est actif un jour, le dioxyde de soufre quelques jours, l'ozone quelques mois³¹, etc.

Enfin, certains polluants sont encore très mal connus, comme les composés organiques volatiles ou les aérosols.

Avant de nous intéresser à l'action de ces polluants sur les œuvres, rappelons que nous n'en avons pas fourni la liste exhaustive. En effet, d'autres éléments comme des composés du soufre, des halogènes, etc. sont également présents dans notre air.

³¹ Ces durées sont données par PHILIPPON, Jacques. *L'environnement des œuvres d'art*.

II.2 Les effets sur les sculptures en bronze

Nous allons maintenant examiner les effets des principaux polluants sur les œuvres. La question qui nous guidera dans cette étude est la suivante : peut-on établir un lien entre l'environnement d'une œuvre et son altération ?

Difficultés pour corréler la corrosion avec l'environnement

Une étude³², réalisée au Canada en 1996 par le *Canadian Conservation Institute*, a porté sur cent soixante-huit échantillons provenant de seize statues placées sur la colline du parlement à Ottawa. Ces œuvres, fondues et mises en place entre 1885 et 1986, présentent des alliages divers, le plus souvent ternaire (bronze, étain et zinc), parfois quaternaire (bronze, étain, zinc et plomb). Le pourcentage de cuivre oscille entre 84% et 90%, avec uniquement deux exceptions, une avec 77% de cuivre, l'autre avec 100% de cuivre. Au total, en incluant les éléments provenant des restaurations, ce sont trente-deux alliages de bronze qui ont été identifiés.

Pour chaque échantillon, les produits de corrosion présents en surface ont été analysés. Le nombre de composés mis en évidence est impressionnant puisqu'il atteint quatre-vingt-quatorze ! Aucun composé n'a été trouvé sur tous les échantillons, et si l'on exclut ceux qui ont été trouvés en un unique exemplaire, il reste encore trente-cinq composés présents sur au moins deux échantillons.

Notons que ces sculptures sont seulement éloignées de quelques dizaines de mètres les unes des autres. D'autre part, il n'a pas été possible d'établir de lien entre la composition des alliages et les produits recueillis en surface.

En France, le groupe *Le triomphe de la République* situé place de la Nation à Paris offre un exemple similaire, avec vingt-six composés différents identifiés sur la même œuvre, parmi lesquels certains étaient présents de façon très abondante³³.

Une autre étude³⁴, également réalisée au Canada, s'est intéressée à la vitesse de corrosion de différents métaux, notamment celle du cuivre. Des échantillons identiques ont été placés en extérieur aux quatre coins d'un bâtiment et surveillés périodiquement. Les résultats montrent que « pour un métal donné, la corrosion peut être très différente d'un point à un autre d'un bâtiment, même sur de courtes distances, conduisant à des taux de dégradation très différents »³⁵. Des explications pour corréler les altérations avec les vents dominants ou d'autres phénomènes climatiques ont été cherchées, mais sans résultat³⁶.

Aux Etats-Unis, cinquante-deux épreuves de la statue *Hiker* ont été fondues entre 1921 et 1956 par la fonderie Gorham Company, établie à Providence, Rhode Island. Ces épreuves ont été placées sur l'ensemble du territoire américain, avec une prédilection pour les régions situées autour de Boston, de Philadelphie et des Grands Lacs. Une

³² SELWYN Lyndsie *et al.* *Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples.*

³³ AUSSET Patrick, PHILIPPON Jacques, AMARGER Antoine, DUBOS J. *Restauration du groupe en bronze de J. Dalou, le Triomphe de la République, place de la nation à Paris.*

³⁴ HECHLER Jean-Jacques. *Metal corrosion, wetness and deposition at the exterior of a building in Montréal.*

³⁵ HECHLER Jean-Jacques. *Metal corrosion, wetness and deposition at the exterior of a building in Montréal.* p. 24 : « The corrosion can be very different from one point to another on a building, leading to very different degradation rates within short distances over the building for a given metallic material ».

³⁶ HECHLER Jean-Jacques. *Metal corrosion, wetness and deposition at the exterior of a building in Montréal.* p. 24 : « The corrosivity can be more or less related to the general climatic environment (...) since no simple correlation has been obtained » (La corrosivité peut être plus ou moins liée à l'environnement climatique général (...) mais aucune corrélation simple n'a pu être faite).

étude³⁷ portant sur vingt-cinq de ces sculptures a tenté d'en expliquer les différences. Tout d'abord, des analyses ont montré que les alliages quaternaires utilisés³⁸ étaient presque identiques, à l'exception de quelques différences au niveau de la teneur en zinc. Ensuite, cette étude s'est intéressée aux produits de corrosion présents en surface ainsi qu'aux piqûres et a constaté des différences importantes entre les épreuves. Alors que, comme le souligne cette étude, ces œuvres sont une source rare d'informations³⁹, toute corrélation entre corrosion et environnement est évitée.

De ces trois études, nous pouvons conclure qu'il existe probablement un lien entre le processus de corrosion et les conditions environnementales. En effet, seule cette explication permet de justifier des résultats différents obtenus sur des échantillons identiques ou des œuvres pratiquement similaires. Toutefois, ce lien semble être difficilement identifiable, et d'autres facteurs interviennent très probablement (composition de l'alliage, temps d'exposition, etc.).

Des données incontestables

Pourtant, le fait que l'environnement - et notamment les polluants - intervienne dans le processus de corrosion ne fait pas de doute. Les trois principaux types de composés du cuivre (sulfates, chlorures et oxydes) peuvent en effet être associés à certains polluants.

Les sulfates de cuivre

Les sulfates qui se forment sur les sculptures sont principalement dus à la réaction du dioxyde de soufre sur le cuivre. Le dioxyde de soufre, nous l'avons vu, est un des principaux polluants de notre atmosphère. Si la brochantite ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$) et l'antlérinite ($\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$) sont les sulfates les plus souvent observés, d'autres ont également été détectés, comme par exemple la posnjakite ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ou encore de nombreux autres composés qui sont simplement désignés par leur formule⁴⁰.

Le mécanisme de formation de ces sulfates n'est pas entièrement maîtrisé. L'antlérinite par exemple serait selon certaines théories due à une dégradation de la brochantite sous l'effet des pluies acides ; d'autres théories penchent au contraire pour une formation indépendante, liée à des différences de pH. De même, la posnjakite (qui diffère très peu de la brochantite) a été proposée comme stade premier de la brochantite.

Les chlorures de cuivre

Les chlorures sont le plus souvent associés aux environnements marins, en raison de la présence de chlorure de sodium (NaCl) dans l'atmosphère. Toutefois, le chlorure de sodium peut être présent pour de multiples raisons en dehors des zones côtières (salage des routes, dépôts éoliens, etc.). Les chlorures les plus fréquemment rencontrés sur les œuvres sont l'atacamite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) et la paratacamite ($\gamma\text{-Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$).

³⁷ MEAKIN John, AMES David, DOLSKE Donald. *Degradation of monumental bronzes*.

³⁸ Il s'agit de l'alliage référencé C83600, qui se compose de 85% de cuivre, 5% d'étain, 5% de zinc et 5% de plomb.

³⁹ MEAKIN John, AMES David, DOLSKE Donald. *Degradation of monumental bronzes*. p. 58 : « The many replicas of the *Hiker* statues (...) provide a unique resource for assessing the impact of environmental conditions on the degradation of a monumental bronze » (Les nombreuses épreuves du *Hiker* fournissent une source unique pour évaluer l'impact des conditions environnementales sur la dégradation des bronzes de grande taille).

⁴⁰ Six sulfates différents ont par exemple été détectés dans SELWYN Lyndsie *et al.* *Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples*.

Les chlorures de cuivre sont solubilisés par la présence de dioxyde de soufre dans un air humide, entraînant des phénomènes de piqûres⁴¹.

Les oxydes de cuivre

La cuprite (Cu_2O) est un produit de corrosion fréquent. Soumis à un environnement acide, la cuprite devient instable et tend à se transformer. Si le dioxyde de soufre seul ne semble pas avoir d'impact, la présence conjuguée d'oxyde de soufre et d'ozone transforme cette cuprite en un hydroxy-sulfate de cuivre⁴², généralement de la brochantite⁴³.

Les produits exogènes

Pour terminer, nous mentionnons les produits exogènes. Ces produits proviennent en majeure partie des poussières contenues dans l'atmosphère. Outre un dommage d'ordre esthétique, l'œuvre peut subir une érosion éolienne lorsque l'air contient des matières dures, métaux et métalloïdes par exemple.

Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se rencontre fréquemment à la surface des sculptures. On attribue en général sa présence à la pollution atmosphérique, mais des études ont montré⁴⁴ qu'il pouvait parfois provenir du plâtre utilisé pour le moule et resté présent à l'intérieur de l'œuvre. Enfin, le gypse pourrait résulter de la transformation de carbonate de calcium due à des ions sulfates. Selon certaines théories non encore démontrées, le gypse pourrait alors causer une dégradation à l'œuvre en raison de l'expansion du carbonate de calcium lors de sa conversion.

⁴¹ STRANDBERG Helena. *Perspectives on bronze sculpture conservation. Modelling corrosion.*

⁴² STRANDBERG Helena. *Perspectives on bronze sculpture conservation. Modelling corrosion.*

⁴³ Selon l'équation générale $\text{Cu}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{Cu}_4(\text{OH})_6\text{SO}_4$.

⁴⁴ Cité par SELWYN Lyndsie *et al.* *Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples.* p. 217.

III. Coïncidences ou tendances ?

Nous l'avons vu, un grand nombre de facteurs peuvent intervenir dans les phénomènes d'altérations des bronzes. Toutefois, n'est-il pas possible de dégager certaines tendances ? Ne peut-on pas trouver des altérations récurrentes et ainsi modéliser le processus de corrosion ? Une telle modélisation serait particulièrement utile, puisqu'elle permettrait peut être d'anticiper – et donc de prévenir – les processus de corrosion.

III.1 Coïncidences ?

L'étude menée en 1989 par MM. Loïc Hurtel et Luc Robbiola sur six bronzes d'Auguste Rodin exposés en plein air⁴⁵ peut nous servir de base de départ. Ils observent que les produits de corrosion de couleur verte, solubles et peu compacts se trouvent plutôt sur des zones exposées aux intempéries et au ruissellement. Les analyses montrent qu'il s'agit principalement de sulfates de cuivre (brochantite et antlérinite). En revanche, les produits de corrosion de couleur noire ou grise, à l'aspect étamé, insolubles et compacts, se trouvent plutôt dans les zones abritées. Il s'agit de composés d'étain et de cuivre, dont la composition n'a pu être précisément définie. Enfin, les produits résultant d'un dépôt éolien sont plutôt noirs ou bruns. On les trouve plutôt sur les zones abritées comme les replis ou les cavités. Ce sont des composés organiques.

Plus récemment, en 1993, des prélèvements et des analyses ont été effectués sur les statues en bronze du *Pont Alexandre III* à Paris⁴⁶. On retrouve une conclusion qui présente des similitudes avec l'exemple précédent, à savoir que les parties lessivées contiennent principalement des sulfates de cuivre (brochantite) et des chlorures de cuivre (atacamite) dans des îlots noirs ; les parties abritées contiennent des produits d'altération noirs composés de chlorure de cuivre (paratacamite et atacamite) ainsi que du quartz et du gypse.

Mais on remarque également des dissemblances, comme la présence de produits riches en étain, non identifiés, au niveau des parties lessivées (présents uniquement dans les zones noires dans la première analyse). Cette information est très importante, puisqu'elle montre clairement que l'étain, composant du bronze, subit également une corrosion. Un certain nombre d'études tentent pourtant de modéliser la corrosion du bronze en se limitant à des échantillons de cuivre pur ; sans les remettre en cause, soulignons toutefois que les résultats de ces études ne sauraient être directement appliqués au bronze.

D'autre part, ce deuxième exemple fait apparaître de nouveaux produits d'altérations : atacamite, paratacamite et des chlorures de cuivre. De plus, le dossier indique la présence de raies non identifiées par les analyses de diffraction des rayons X. Enfin, la présence de gypse et de quartz est soulignée.

La différence entre zones lessivées et zones protégées – d'ailleurs facilement observable sur les œuvres en bronze qui nous entourent -, se retrouve exprimée dans de très nombreux dossiers et articles de provenances différentes ; il ne peut donc s'agir de coïncidences. En fonction de l'exposition au ruissellement, les processus de corrosion ne sont donc pas les mêmes ; en revanche, pour une même exposition, il existe des

⁴⁵ Dossiers n° 19352 à 19357. Les statues sont *Balzac*, *La Défense*, *Ugolin et ses enfants*, *Le Penseur*, *Les Bourgeois de Calais* (Paris, musée Rodin) ; *Le Penseur* (Meudon, musée Rodin). Dossiers disponibles au C2RMF, site du Carrousel.

⁴⁶ Dossier n° 21403 disponibles au C2RMF, site du Carrousel.

similitudes entre des œuvres différentes (voir les illustrations – planche 1 en fin de document).

III.2 Tendances

Modélisation du processus de corrosion

Un modèle qualitatif, présenté en 1993⁴⁷ et qui a depuis fait l'objet de plusieurs extensions, tente d'expliquer les différences et les similitudes observées. Selon ce modèle, la corrosion est imputable à la présence d'eau en surface, que ce soit directement (pluie) ou indirectement (brouillard, condensation, etc.).

Dans une première étape, le cuivre et l'étain sont oxydés au contact de l'eau. Si l'oxydation du cuivre produit des ions, l'oxydation de l'étain produit en revanche des composés insolubles. En conséquence, les ions cuivre issus du processus de corrosion se retrouvent en surface, alors que les composés de l'étain restent dans les couches les plus internes. Une dissolution sélective du cuivre s'est donc produite. C'est au cours d'une deuxième étape que se forment, à la surface externe de la couche occupée par l'étain, les nombreux composés du cuivre que nous avons précédemment évoqués (sulfates, chlorures, etc.). La couche des produits de corrosion augmente donc en épaisseur. Enfin, dans une dernière étape, la partie la plus extérieure est solubilisée et donne d'autres minéraux. Ainsi, pour donner un exemple, la brochantite peut être transformée en antlérîte sous certaines conditions climatiques (fréquence des pluies, acidité, etc.).

C'est à ce stade que le modèle différencie les zones lessivées des zones protégées. Lorsque la surface est lessivée, le dépôt formé durant la seconde étape est détruit au fur et à mesure qu'il se forme. On parle alors de corrosion « active », puisque le processus de formation d'un nouveau dépôt se perpétue. En revanche, les surfaces protégées sont plus stables, même si des phénomènes de transformation peuvent également y survenir.

Peut-on, en appliquant ce modèle, prévoir l'évolution d'une œuvre en bronze conservée en extérieur ? Il nous semble que trop de facteurs entrent en jeu, comme l'environnement climatique, l'orientation de l'œuvre, la composition des alliages, etc., pour que l'on puisse faire des prédictions. Comme l'écrivent les auteurs, « ce modèle peut uniquement servir à poser un diagnostic, il ne permet pas de prédire l'évolution des patines des œuvres conservées à l'extérieur »⁴⁸.

Autre approche, autre modélisation

Un autre modèle⁴⁹ adopte une approche différente. Il ne s'agit plus d'expliquer les phénomènes physico-chimiques de la corrosion, mais plutôt de proposer une modélisation pour les composés majoritaires du cuivre : oxydes, sulfates, chlorures, etc.

Pour tenter de mieux appréhender ces mécanismes mal compris, une équipe du laboratoire de chimie non-organique de l'université de Göteborg en Suède a mis au point un appareil spécialement conçu⁵⁰. Il permet de mesurer en permanence les taux respectifs de dioxyde de soufre, d'ammoniac, de dioxyde d'azote et d'ozone contenus

⁴⁷ ROBBIOLA Luc *et al.* *New model for outdoor bronze corrosion and its implications for conservation.*

⁴⁸ ROBBIOLA Luc *et al.* *New model for outdoor bronze corrosion and its implications for conservation.* p. 800 : « the model (...) can only be used to diagnose the degraded state but cannot predict the evolution of local patinas on outdoor monuments. »

⁴⁹ STRANDBERG Helena. *Perspectives on bronze sculpture conservation - modelling corrosion.*

⁵⁰ STRANDBERG Helena, JOHANSSON L. *The effect of air pollutants on cultural objects. Laboratory investigations.*

dans une atmosphère contrôlée. Des échantillons placés dans l'appareil sont exposés à ces divers polluants atmosphériques, puis étudiés selon les méthodes classiques de laboratoire (diffraction des rayons X, spectroscopie de photoélectrons, etc.).

Avec un tel appareil, il devient possible de connaître, pour chaque sel métallique, les conditions les plus propices à sa formation. Toutefois, les conclusions ne sont jamais simples à tirer, car les sels se forment toujours sous des conditions multiples : présence conjuguée de plusieurs polluants sous certaines conditions de température et d'humidité. Pour ne citer qu'un exemple, la cuprite ne se forme pas en présence de dioxyde de soufre, sauf si de l'ozone est également présent et que l'air est humide.

Ce sont toutefois d'autres aspects qui nous ont semblé les plus intéressants dans cette approche. Pour l'équipe suédoise, l'apparence des œuvres en bronze a largement évolué au cours du siècle. Si aujourd'hui la couleur « normale » d'une patine est le vert, cela n'a pas toujours été le cas. Cette forme de patine est due à la forte croissance des rejets polluants, notamment du dioxyde de soufre.

D'autre part, la première patine naturelle qui se développe joue un rôle important dans la conservation de l'œuvre. Si cette patine est par exemple composée de cuprite, l'œuvre est en quelque sorte protégée et subit une corrosion ralentie. De même, un pourcentage élevé d'étain a tendance à limiter la corrosion, les produits d'oxydation de ce métal étant plus stables que ceux du bronze.

Apports de ces modèles dans le domaine de la conservation-restauration

Ces deux approches, qui ne sont d'ailleurs pas contradictoires, nous permettent de dégager certains axes.

Dans le premier modèle, les phénomènes de corrosion sont apparentés à une corrosion humide. Protéger l'œuvre de l'eau et de l'humidité - par exemple au moyen d'un revêtement - semble donc être une mesure appropriée.

La différenciation entre corrosion active et corrosion passive est également primordiale, puisqu'elle pose la question de la passivation. La passivation est le « traitement de la corrosion métallique par un agent chimique à même de stabiliser les sels formés ainsi que la zone de métal subissant la corrosion »⁵¹. Si elle n'est pas passivée, la corrosion se poursuit, et l'alliage perd du cuivre en raison de la migration continue des ions cuivre en surface. Toutefois, cette perte doit être ramenée à sa juste valeur : cette migration se solderait par la perte de quelques micromètres de matière par an⁵².

⁵¹ CRISTAL, IRPA-C2RMF. *Sculpture, projet de vocabulaire*.

⁵² Nous avons trouvé dans STRANDBERG Helena. *Perspectives on bronze sculpture conservation*. p. 298 : « the metal corrosion is only a few $\mu\text{m}/\text{year}$ » (la corrosion du métal ne représente que quelques $\mu\text{m}/\text{an}$) ; et dans MEAKIN John *et al. Degradation of monumental bronzes*. p. 59 : « 1-3 $\mu\text{m}/\text{year}$ » (1-3 $\mu\text{m}/\text{an}$).

Conclusion

La corrosion qui touche les œuvres en bronze est un processus naturel. Si des tendances indiscutables ont été constatées, une prévision plus précise des phénomènes de corrosion semble, en l'état actuel des recherches, très hasardeuse. En effet, les facteurs qu'il faut prendre en compte sont non seulement très nombreux (climat, composition de l'air, emplacement, alliage, durée d'exposition, etc.), mais de plus complexes (interactions chimiques, catalyseurs éventuels, etc.).

Les processus de corrosion ont été modélisés, fournissant des orientations utiles lors des interventions. Ce sont ces actions de restauration que nous allons maintenant décrire et commenter.

2

LES SCULPTURES EN BRONZE A L'EXTERIEUR

Interventions

Introduction

Une intervention de restauration sur une sculpture en bronze peut être décidée pour deux raisons. La raison conservatoire vise à garantir la pérennité de l'œuvre, par exemple en stabilisant un processus de corrosion, en consolidant une armature fragilisée qui ne joue plus son rôle, etc. La raison esthétique prend en considération l'aspect extérieur de l'œuvre, qui détermine sa lisibilité. En effet, sur une sculpture encrassée par exemple, les parties saillantes et celles en creux apparaissent inversées, modifiant le rendu et trahissant l'intention de l'artiste. Malheureusement, ces deux raisons nécessitent parfois des interventions contradictoires, et une solution de compromis doit souvent être retenue.

L'intervention peut également se justifier par un entretien périodique de l'œuvre. Rarement pratiquée, cette possibilité sera présentée en fin de cette étude.

Nous avons eu accès à une soixantaine de dossiers de restauration, qui concernent des œuvres conservées en intérieur et en extérieur. Leur lecture nous a permis d'identifier quatre phases principales dans une action de restauration. En premier lieu, l'œuvre est analysée et le choix des interventions à effectuer est arrêté. La non-intervention ou la rentrée de l'œuvre en intérieur font bien entendu partie des choix possibles. Si une intervention est décidée, l'œuvre est alors nettoyée au moyen d'une ou de plusieurs méthodes conjuguées. En règle générale, les restaurateurs essaient de conserver toute couche jouant un rôle de protection. Si nécessaire, l'œuvre est consolidée. Ce travail touche la structure, l'assemblage ou encore l'ancrage et se traduit souvent par des substitutions dans un but conservatoire. Enfin, un ou plusieurs produits sont appliqués sur l'œuvre : parfois un inhibiteur de corrosion, presque toujours un revêtement isolant. Le but est dans ce cas préventif.

Dans cette deuxième partie, nous étudierons ces quatre phases, tout en présentant les apports des nouvelles technologies.

I. Examen, études et analyses avant intervention

L'étude d'une sculpture en extérieur, préalable obligatoire avant toute intervention de restauration, est rendue complexe par différents facteurs. Tout d'abord, la grande taille des sculptures ne facilite en rien leur examen. Echelles et échafaudages sont en effet souvent nécessaires pour accéder aux œuvres. De plus, de part leur situation en extérieur, les examens par un restaurateur sont parfois conditionnés par les données climatiques. D'autre part, leur poids important rend toute opération de déplacement risquée et coûteuse (location d'une grue, personnel spécialisé, etc.). Un simple levage, qui permet de s'assurer de la présence d'un noyau ou d'une armature, est pour cette raison une opération ardue.

Ces contraintes privilégient les examens effectués *in situ* et les prélèvements pour analyse en laboratoire. Après avoir évoqué l'examen visuel et documentaire, nous nous interrogerons sur la pertinence de faire effectuer des analyses. Nous présenterons ensuite de nouvelles méthodes d'investigation. Enfin, nous examinerons la phase délicate du choix des interventions à effectuer.

I.1 Examen visuel et étude de la documentation

Premier contact direct avec l'œuvre, l'examen visuel est pour le restaurateur une importante source d'informations.

La plupart des dossiers de restauration fournissent une indication quant à l'état de l'œuvre tel que constaté *de visu*. Un simple examen de la surface permet en effet de tirer de nombreuses conclusions : présence et aspects des produits de corrosion, traces de rouille affleurantes, etc. Toutefois, de nombreux dossiers fournissent des précisions qui nous semblent hasardeuses, notamment en ce qui concerne les produits de corrosion observés. Ceux-ci sont souvent identifiés, et même si les restaurateurs possèdent une grande expérience dans ce domaine, nous pensons que seule une analyse effectuée en laboratoire permet d'apporter une information irréfutable.

Le socle est également riche d'enseignements, car il peut comporter des produits pulvérulents, indicateurs d'un processus actif de modification de la surface de l'œuvre. De même, des coulées de couleur verte confirmeront l'existence d'une corrosion active.

Enfin, quand cela est possible, l'examen de l'intérieur est tout à fait souhaitable. Celui-ci est parfois pratiqué au moyen d'un endoscope introduit par une fissure, méthode qui évite un levage souvent périlleux. L'état de l'armature ou la présence d'un noyau peuvent ainsi être déterminés⁵³.

Une autre étape qui nous semble absolument obligatoire est la consultation – et après intervention l'enrichissement – de la documentation concernant l'œuvre à restaurer. Dans les meilleurs cas, un dossier existe et est disponible ; le restaurateur y trouvera des informations susceptibles de le guider dans ses choix. Dans de nombreux cas cependant, les informations seront à trouver et constitueront la base d'un premier dossier.

⁵³ La gammascopie permet également d'obtenir un aperçu de l'intérieur de l'œuvre. Son prix prohibitif, les résultats parfois médiocres qu'elle fournit et les dangers qu'elle présente en font une technique qui n'est pratiquement jamais exploitée.

En quoi ce travail peut-il guider le restaurateur ? Pour répondre à cette question, nous allons commenter le travail effectué en 1995 par M. Amarger sur le groupe équestre représentant *Simon Bolívar*.

Une fissure longitudinale, d'origine inconnue, traverse la face supérieure de la terrasse en bronze. S'agit-il d'une fissure évolutive, qui pourrait indiquer la présence d'éléments se corrodant et nécessitant un traitement ou bien s'agit-il d'une fissure ancienne ? La réponse à cette question, primordiale quant au choix de l'intervention, est fournie par une lecture attentive du dossier.

La grande expérience du fondeur Barbedienne permet d'écartier un défaut de coulée. Par contre, cette œuvre ayant été retenue par le *Commissariat à la récupération des métaux non ferreux* pour être envoyée à la fonte, un arrachage violent de l'œuvre condamnée est tout à fait probable. Le devis de la fonderie Susse datant de 1944 et le rapport de déplacement datant de 1979 apportent des informations qui viennent corroborer cette hypothèse⁵⁴.

En conséquence, la fissure fut considérée à juste titre comme non-évolutive et des investigations et des interventions lourdes ont ainsi été évitées. Cet exemple montre l'importance du dossier qui, s'il est correctement enrichi et conservé, permet de faciliter toute nouvelle intervention.

I.2 Pertinence d'une analyse des produits présents en surface ?

Parmi les dossiers de restauration que nous avons consultés, peu indiquent un recours aux techniques de laboratoire. Que ce soit par manque de temps, de financement ou de volonté, il semble en effet que cette possibilité soit rarement pratiquée.

Nous avons précédemment montré que l'analyse en laboratoire est pourtant le seul moyen de connaître avec exactitude les types d'altérations que subit une œuvre en bronze, tant les phénomènes de corrosion sont difficiles à prévoir. Mais d'autre part, nous savons également que ces examens ne décèlent pas l'ensemble des produits de corrosion ; on peut en effet signaler l'apparition de raies non identifiées lors d'analyses au moyen de la diffraction des rayons X.

En conséquence, on peut se demander si dans le cadre d'une restauration, il est utile de faire procéder à des analyses en laboratoire afin de déterminer quels sont les produits présents à la surface de l'œuvre. Nous allons tenter de répondre à cette question en présentant trois des apports possibles de l'analyse scientifique.

Choix d'une méthode d'intervention

La connaissance précise des produits de corrosion permet de décider des types d'intervention à pratiquer. On sait par exemple que les chlorures qui se développent à la surface des œuvres ne sont pas ôtés par les méthodes de nettoyage par abrasion⁵⁵. La confirmation de la présence ou de l'absence de chlorure peut donc influencer la technique retenue pour la phase de nettoyage.

⁵⁴ Pour l'ensemble de l' « enquête » sur la fissure, voir le dossier de restauration *Emmanuel Fremiet – Simon Bolívar* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁵⁵ Cela nous a été confirmé par Mme. Texier du LRMH et par M. Aucouturier du C2RMF.

Découvertes inattendues

Les analyses permettent parfois de faire des découvertes inattendues, comme par exemple des traces d'acide urique, d'huile, d'aluminium ou d'argent. La présence de ces produits apporte des éclaircissements sur la vie de l'œuvre. Par exemple, la présence d'oxydes d'aluminium, de titane ou de chrome témoignent de l'utilisation de peinture pour recouvrir la statue ; l'argent peut évoquer une soudure réalisée lors d'une restauration antérieure⁵⁶.

Données pour les chercheurs

Enfin, les analyses en laboratoire ont largement contribué à faire progresser la connaissance des phénomènes de corrosion. Il est donc légitime de penser que les analyses futures, en apportant des données supplémentaires, permettront aux chercheurs d'affiner leur compréhension de ces phénomènes, non encore totalement élucidés⁵⁷. A ce sujet, le cas des composés de l'étain présents dans les produits de corrosion est particulièrement significatif. Suite à la découverte de ces composés difficiles à identifier, les chercheurs ont dû prendre en compte cette nouvelle donnée, ce qu'ils ne faisaient pas systématiquement auparavant. Il en sera peut-être de même pour les produits de corrosion du zinc et du plomb dans le cas des alliages ternaires et quaternaires, ces produits ayant déjà été décelés lors de certaines études⁵⁸.

Ces différents exemples montrent clairement que l'analyse des différents produits trouvés en surface des œuvres est souhaitable quand cela est matériellement et financièrement possible.

I.3 Des techniques d'investigation en devenir

Nous présentons dans ce chapitre un certain nombre de techniques récentes qui ont été utilisées afin d'examiner des œuvres. Toutes ces techniques n'ont pas été utilisées avec des sculptures en bronze ; nous n'avons cependant conservé dans cet inventaire que celles pouvant être adaptées à cet alliage.

L'identification des restaurations antérieures

La composition d'un alliage est une source d'information importante sur la présence de restaurations antérieures. Pour caractériser un alliage, la méthode la plus communément utilisée aujourd'hui est la spectroscopie atomique. Toutefois, cette méthode nécessite de prélever un échantillon qui est ensuite analysé en laboratoire.

Pour étudier la composition des œuvres, l'équipe de l'*Ente per le Nuove tecnologie l'Energia e l'Ambiente* (ENEA) à Rome⁵⁹ utilise depuis plusieurs années un autre système, basé sur la fluorescence X. Son grand avantage, outre qu'il est non-destructif, est que l'appareillage nécessaire est de petite taille, donc portable. Testée sur le *Cheval capitolin*, les portes externes de la *Basilique Saint-Marc* et la tête colossale de *l'Empereur*

⁵⁶ SELWYN Lyndsie *et al.* *Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples*. p. 219.

⁵⁷ Sur le manque de compréhension de certains phénomènes, voir par exemple ROBBIOLA Luc *et al.* *New model of outdoor bronze corrosion and its implications for conservation*. p. 800.

⁵⁸ Par exemple dans SELWYN Lyndsie *et al.* *Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples*. p. 215-216.

⁵⁹ FERRETTI Marco, MOIOLI Pietro. *The use of portable XRF systems for preliminary compositional surveys on large bronze objects*.

Constantin, cette méthode a donné d'excellents résultats, confirmés par des analyses traditionnelles utilisant la spectroscopie atomique.

Si cette méthode ne permet pas de caractériser l'alliage, elle permet de mettre en évidence les différences de composition. Les restaurations antérieures non documentées peuvent ainsi être décelées. Par exemple, outre les parties originales, trois alliages différents, correspondant à autant de campagnes de restauration, ont été identifiés sur le *Cheval capitolin*. Cependant, sur la statue de *l'Empereur Constantin*, les résultats furent peu satisfaisants en raison de la présence d'une dorure et de traces d'argent qui ont perturbé les mesures.

Signalons enfin que le matériel utilisé a été réalisé à la demande de l'équipe romaine et qu'il n'est pas commercialisé.

La mesure de la résistance à la corrosion

La même équipe italienne est intervenue sur les deux statues en bronze de Riace alors qu'elles se trouvaient en restauration à l'*Istituto Centrale del restauro*⁶⁰. Le but de cette intervention était de déterminer la résistance de ces œuvres à la corrosion.

En simplifiant, la technologie employée mesure le potentiel électrique se trouvant à l'interface entre le substrat métallique et un milieu aqueux. La mise en application nécessite donc un générateur de courant électrique, une électrode dont l'extrémité est maintenue humide et un système de mesure. Plus la valeur mesurée (en ohm par centimètre carré) est élevée, et plus l'œuvre est résistante à la corrosion. L'appareillage nécessaire n'est pas important et peut donc être facilement transporté.

Une telle méthode possède de nombreux avantages : elle n'est pas destructive, elle est facile à mettre en œuvre et ne nécessite pas une instrumentation très coûteuse. D'autre part, les mesures sont immédiatement interprétables.

Dans le cas des deux statues de Riace, le but était de déterminer l'efficacité d'un inhibiteur de corrosion. Les différences entre deux campagnes de mesure étaient donc interprétées, et non les données instantanées. Toutefois, cette méthode pourrait vraisemblablement être étendue à l'étude d'une œuvre avant restauration, par exemple pour déterminer le niveau d'urgence de l'intervention. Pour cela, des valeurs standard sont encore à trouver afin de pouvoir interpréter les données instantanées.

La stratigraphie des couches de corrosion et les défauts internes

Une méthode basée sur la micro-échographie acoustique a été utilisée pour l'étude des produits de corrosion du fer archéologique. Cette technique, relativement simple, est issue du traitement des signaux d'écho renvoyés par les discontinuités de la matière. Elle peut parfaitement, comme l'écrivent les expérimentateurs, « être applicable à tous les objets métalliques »⁶¹.

Il s'agit concrètement d'utiliser un générateur d'impulsions basse fréquence afin d'émettre des ondes acoustiques. Celles-ci seront décomposées en deux faisceaux par la matière : un faisceau transmis et un faisceau réfléchi qui est mesuré.

⁶⁰ BARTOLINI M. *et al.* *Non-destructive tests for the control of ancient metallic artefacts.*

⁶¹ OUAHMAN R. *et al.* *Application de la microscopie acoustique à l'étude des produits de corrosion du fer archéologique.*

Cette méthode permet d'observer la stratigraphie des couches de corrosion et de révéler les défauts internes ou de surface d'un matériau. Toutefois, une surface trop poreuse – et c'est parfois le cas avec le bronze –, peut diffuser les rayons réfléchis et perturber les mesures. La nécessité d'envoyer le faisceau acoustique perpendiculairement à la surface de l'œuvre est également une contrainte d'utilisation.

I.4 Choix des interventions

La dernière étape de la phase d'étude consiste à décider des interventions à effectuer. Comme pour toute restauration, les décisions sont prises par une équipe et non par le seul restaurateur ou conservateur. Un compromis entre raisons esthétiques et conservatoires, coût et délai de l'intervention et risque encouru par l'œuvre est évidemment à trouver.

A la lecture des dossiers de restauration, il est possible d'identifier le modèle de décision des interventions à effectuer sur les sculptures en bronze conservées en extérieur. Tout d'abord, le nettoyage est systématiquement retenu. Cette constante peut s'expliquer par le fait que le critère esthétique est dans la grande majorité des cas à l'origine de la demande. Ce nettoyage doit toutefois s'attacher à préserver toute couche protectrice. La raison évoquée dans de très nombreux dossiers est que cette couche s'est formée avec le temps et dans l'environnement de conservation, et que la détruire consisterait en quelque sorte à rompre un équilibre laborieusement atteint. Si l'œuvre présente des déficiences au niveau de l'armature ou de l'ancrage, c'est un remplacement qui est envisagé, pratiquement jamais une restauration de ces parties. L'assemblage en revanche peut être soit renforcé, soit changé. Enfin, l'œuvre est systématiquement enduite d'un ou de plusieurs produits utilisés séparément ou conjointement. Si la corrosion que subissait l'œuvre a été jugée « active », un inhibiteur de corrosion est appliqué. Une cire microcristalline est également employée pour protéger la sculpture ; elle est généralement appliquée en deux couches. Cette phase peut éventuellement s'accompagner de retouches locales visant à homogénéiser l'aspect de l'œuvre.

Il est intéressant de noter qu'à de très rares exceptions près, ce schéma ne varie jamais ; par contre, à l'intérieur de ce canevas assez large, les options sont diverses, comme nous allons le voir maintenant.

II. Le nettoyage : une phase délicate

Passage obligé, le nettoyage est une des phases clé de l'intervention sur une sculpture en bronze.

Le simple nettoyage au moyen d'eau distillée, éventuellement additionnée d'un tensioactif, est rarement pratiqué sur les sculptures en bronze conservées en extérieur. En effet, cette méthode, insuffisante pour ôter les produits qui adhèrent fortement à la surface, est pour cette raison réservée aux œuvres conservées en intérieur, légèrement empoussiérées ou peu encrassées. Toutefois, dans quelques cas exceptionnels comme le *Lion* de la colonne Saint-Marc à Venise⁶², c'est ce type d'intervention qui a été retenu.

Les restaurateurs ont habituellement recours à deux grandes méthodes de nettoyage : le nettoyage mécanique et le nettoyage chimique. D'autres méthodes, plus récentes, sont examinées en fin de chapitre.

II.1 La méthode mécanique : scalpel et abrasifs

La méthode mécanique consiste à débarrasser l'œuvre de ses dépôts. La méthode la plus simple est entièrement manuelle : à l'aide d'un scalpel, le restaurateur retire les éléments indésirables. Les autres méthodes mécaniques sont basées sur l'abrasion. Nous allons examiner la laine de bronze, les poudres à base de matière végétale et l'eau.

L'abrasion au moyen de laine de bronze

Nous mentionnons cette méthode - que seul un article⁶³ américain cite rapidement - par souci d'exhaustivité. Elle consisterait à frotter l'œuvre au moyen de laine de bronze (*bronze wool*). Malheureusement, l'article évoque simplement cette technique sans l'explicitier. Nous ne possédons pas de précisions supplémentaires, sinon que cette technique entamerait la surface du bronze, provoquant des éraflures et laissant des produits de corrosion au niveau des piqûres...

L'abrasion au moyen d'une poudre végétale

Cette méthode domine très largement toutes les autres par sa fréquence d'utilisation. Si, en France, le noyau d'abricot semble avoir la faveur des restaurateurs, c'est en revanche la coquille de noix qui prévaudrait aux Etats-Unis.

Le grand avantage de cette technique est sa grande adaptabilité. Distance par rapport à l'œuvre, pression, finesse de la poudre et taille de la buse sont autant de paramètres qui permettent, pour une œuvre donnée, de choisir la meilleure approche. Des tests effectués sur une surface réduite et peu visible permettent en général d'affiner ces paramètres et de vérifier que les produits de corrosion sont ôtés sans que la couche de protection naturelle ne soit atteinte.

Utilisée depuis plusieurs années, l'abrasion au moyen de poudre végétale a été largement étudiée⁶⁴ et semble donner de bons résultats. Cependant, elle ne permet pas d'ôter tous

⁶² SCARFi Bianca Maria. *Le lion de Venise*.

⁶³ MERK-GOULD Linda, HERSKOVITZ Robert, WILSON Cameron. *Field tests on removing corrosion from outdoor bronze sculptures using medium pressure water*.

⁶⁴ Pour une étude assez complète, voir par exemple VELOZ Nicolas. *Practical aspects of using walnut shells for cleaning outdoor sculpture*.

les produits présents sur une œuvre et doit parfois être complétée au moyen d'une autre méthode (cf. chapitre sur le nettoyage chimique). D'autre part, elle présente un inconvénient majeur, celui de répandre dans l'atmosphère une grande quantité de poudre très fine, qui se dépose au gré des vents. Aussi nécessite-t-elle la mise en place d'un système de protection destiné à éviter cette forme de pollution.

Le nettoyage à eau moyenne pression

Il s'agit d'une méthode dans laquelle l'abrasif n'est pas une poudre végétale mais simplement l'eau. L'intérêt de cette méthode résiderait dans le fait qu'elle n'endommage pas l'œuvre et enlève plus de produits de corrosion que la poudre végétale, qui semble parfois inopérante.

Une étude⁶⁵ compare en effet la brochantite résiduelle après abrasion par poudre de coquille de noix avec l'absence de cette même brochantite après un traitement par eau moyenne pression. On peut toutefois s'étonner que sur les trente tests présentés dans cette étude, quatre seulement utilisent l'abrasif végétal. En comparaison, les vingt-quatre nettoyages effectués au moyen d'eau moyenne pression, pour lesquels les paramètres tels que taille de la buse, distance de travail, angle d'attaque du jet, etc. ont pu être optimisés, donnent assez logiquement l'avantage à cette méthode.

Cette méthode présente néanmoins un grand intérêt : l'absence de débris dans l'environnement et, selon ses défenseurs, un coût moindre comparativement à l'abrasion végétale.

II.2 La méthode chimique

Il s'agit de nettoyer l'œuvre au moyen d'un produit chimique capable de solubiliser les matériaux d'altération sans abîmer le métal sain. On pratique soit par immersion (mais la sculpture de grande taille s'y prête mal), soit par application de compresses locales.

Cette méthode est intéressante comme une alternative à l'abrasion, qui n'ôte pas totalement certains composés, notamment les chlorures. Toutefois, M. Amarger signalait en 1989 que le nettoyage chimique était surtout employé en Allemagne⁶⁶. Lors de notre étude, nous n'avons rencontré que peu d'exemples de nettoyage chimique : deux tentatives avortées et deux utilisées en dernier recours.

La première tentative concerne une *Niobide blessée* de Camille Claudel, sculpture en bronze autrefois en extérieur aujourd'hui conservée au Musée Sainte-Croix de Poitiers⁶⁷. Le restaurateur qui est intervenu en 1992 explique que la couche de carbonate de calcium qui enserre l'œuvre est trop épaisse pour être nettoyée chimiquement, et une solution mécanique est finalement retenue.

La seconde concerne une *Scène de bataille* du musée du mémorial de Caen⁶⁸. Les tests réalisés avec de l'hexamétaphosphate de sodium (calgon) ont montré que si le carbonate de calcium était effectivement éliminé, la patine également ! Un nettoyage mécanique a donc été finalement utilisé.

⁶⁵ MERK-GOULD Linda, HERSKOVITZ Robert, WILSON Cameron. *Field Tests on removing Corrosion from outdoor bronze sculptures using medium pressure water.*

⁶⁶ AMARGER Antoine. *Bronzes en extérieur*. Tome II, p. 14.

⁶⁷ Dossier de restauration n° 210 disponible au C2RMF, site de Versailles.

⁶⁸ Dossier de restauration n° 921 disponible au C2RMF, site de Versailles.

Un procédé chimique a été utilisé en 1994 lors de la restauration du *Monument aux Volontaires américains* de Jean Boucher⁶⁹. Cette œuvre avait été recouverte d'un vernis posé de façon très généreuse. Si ce film épais a pu être éliminé par abrasion, les coulures récalcitrantes ont dû être traitées avec du diméthyl formamide, puissant solvant toxique.

Enfin, notre dernier exemple concerne le groupe équestre représentant *Simon Bolívar* par Emmanuel Fremiet, qui fut recouvert en 1990 de deux couches de peinture qui se sont rapidement entièrement craquelées⁷⁰. Lors de la restauration effectuée en 1995, la peinture n'a pu être ôtée par abrasion, et l'œuvre a donc finalement dû subir un décapage chimique par gel, entraînant une modification de l'aspect de la couche de corrosion sous-jacente.

Dans ces deux derniers exemples, il est intéressant de constater que c'est en dernier recours que le restaurateur décide finalement d'utiliser un procédé chimique. La difficulté de solubiliser l'ensemble des produits présents sans endommager l'œuvre et l'absence de contrôle visuel durant l'opération sont probablement les raisons qui écartent cette méthode.

II.3 Exposition à un plasma

Les méthodes de restauration utilisant le plasma ont récemment suscité des articles et semblent être particulièrement prometteuses. Aussi allons-nous les décrire plus en détail.

Le plasma est un état ionisé de la matière, le quatrième après l'état solide, l'état liquide et l'état gazeux⁷¹. On distingue deux types de plasma : le plasma chaud et le plasma froid, différenciés par leurs caractéristiques physico-chimiques (ionisation, densité électronique, équilibre thermodynamique, etc.). Pour le traitement ou le nettoyage des surfaces, on utilise le plasma froid.

Pour produire un plasma froid, on transfère de l'énergie électrique à un gaz neutre. Les électrons sont alors accélérés par la décharge et entrent en collision, ce qui a pour effet de dissocier, d'ioniser et d'exciter les molécules, formant ainsi un plasma. Cette dissociation des molécules libère des espèces chimiques actives qui réagissent avec certains types de corrosion de certains types de matériaux.

Le plasma est utilisé avec succès depuis quelques années pour restaurer des œuvres archéologiques en fer. Toutefois, ce n'est que récemment que des essais ont été effectués sur le cuivre. Une expérience⁷² a consisté à immerger dans une eau déionisée des échantillons de cuivre corrodés (présence d'atacamite en surface). Ces échantillons avaient, avant immersion, subi un traitement au plasma d'hydrogène. L'expérience a montré que la concentration des chlorures dans l'eau augmente avec la durée d'exposition au plasma. L'exposition au plasma a donc permis de rendre plus solubles les chlorures de la couche de corrosion, facilitant grandement leur extraction. D'autres expériences⁷³, menées notamment sur l'étain, ont également obtenu d'excellents résultats.

⁶⁹ Dossier de restauration *Jean Boucher - Monument aux volontaires américains* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁷⁰ Dossier de restauration *Emmanuel Fremiet – Simon Bolívar* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁷¹ Pour une introduction aux techniques utilisant le plasma, voir DUSSRE F. *Peut-on concevoir le plasma comme un traitement de masse ?*

⁷² EL SHAER M., WÜTTMANN M. *Effect of hydrogen plasma on chloride content in corroded copper samples.*

⁷³ HAVLÍNOVÁ Alena, PERLÍK Dusan, SANKOT Pavel. *Integration of hydrogen plasma into the traditional conservation process of metal.*

Un inconvénient doit cependant être rapporté : une étude⁷⁴ a montré que l'exposition d'un échantillon à un plasma le rendait plus réactif, et donc plus susceptible d'être de nouveau corrodé.

En conclusion, les récentes méthodes de nettoyage utilisant le plasma semblent pouvoir s'appliquer à différents métaux, tels le cuivre et l'étain. Cette technique reste cependant expérimentale et il est encore trop tôt pour pouvoir conclure quant à l'importance qu'elle connaîtra dans le futur. Les premiers tests réalisés sur des objets en bronze fourniront à cet égard une première indication.

⁷⁴ BORRÓS S. *et al.* *Application of cold plasma for the restoration of calcographic plates.*

III. Substitutions

Il est parfois indispensable de remplacer certains éléments très dégradés d'une œuvre. Cette nécessité touche plus particulièrement la structure interne de l'œuvre, souvent réalisée au moyen de matériaux qui n'ont pas résisté à l'épreuve du temps. De même, les parties saillantes qui ont été cassées et perdues sont parfois reconstituées et réintégrées. Dans certains cas, ces interventions sont particulièrement lourdes et obligent à s'interroger sur la pertinence d'une restauration comparée au placement de l'œuvre en intérieur.

III.1 La structure interne

L'intervention sur l'armature poursuit un double but : redonner à cette structure son rôle mécanique et ainsi éviter les altérations futures. En règle générale, il n'est pas possible de traiter la structure, par exemple lorsqu'elle est fortement corrodée, au moyen d'un inhibiteur de corrosion. Pour des raisons d'efficacité et de durabilité, le remplacement est la méthode privilégiée.

Comment peut-on, en remplaçant une structure altérée, respecter la logique de fabrication ? Faut-il prendre pour modèle l'ancienne structure, même s'il est possible d'en dessiner une différente mais plus efficace ?

Lors de la restauration du *Monument au maréchal Moncey* d'Amédée Donatien Doublemard en 1992, c'est l'ensemble de l'armature interne qui doit être remplacée⁷⁵. En effet, l'armature originelle s'est affaissée, faisant subir des contraintes excessives allant jusqu'à l'ouverture de joints et la rupture du bronze. La fonderie Coubertin, maître d'œuvre de cette opération, réalise donc une nouvelle structure interne répartissant plus régulièrement la charge. Introduite sous la statue, cette ossature est ensuite fixée à la couronne inférieure au moyen d'une boulonnerie inoxydable et fixée par une soudure à l'argon. Dans le dossier de restauration, M. Dubos précise que l'ossature est « fabriquée en acier inoxydable à l'aide de profils à froid pliés, soudés suivant les plans fournis ».

Lors de la restauration des *Bourgeois de Calais* (épreuve conservée à Calais) M. Amarger note qu'un grand nombre de boulons a été utilisé, et qu'il « serait même logique d'en diminuer le nombre » ; il préfère toutefois conserver le nombre de boulons afin de « respecter l'esprit des assemblages originaux »⁷⁶.

Si la forme des structures déposées est, tant que faire se peut, prise comme modèle, le choix des matériaux est en revanche plus libre. Le fer et le zinc, métaux peu nobles qui risquent pour cette raison un couplage galvanique⁷⁷ avec le bronze, sont remplacés par de l'acier inoxydable, du bronze au silicium, etc.

⁷⁵ Dossier de restauration *Doublemard – Monument au maréchal Moncey* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁷⁶ AMARGER Antoine. *Les Bourgeois de Calais, notice de restauration*. [A paraître].

⁷⁷ Le couplage galvanique consiste à mettre en court-circuit un métal (ou un alliage) à protéger avec un autre métal moins noble, qui est sacrifié. La réaction d'oxydation du métal à protéger est alors remplacée par celle du métal sacrifié.

III.2 Reconstitutions

De nombreuses œuvres ne sont pas complètes et présentent des parties lacunaires, allant du simple manque à l'attribut cassé et irrémédiablement perdu.

En ce qui concerne ces parties lacunaires, les points de vue esthétique et conservatoire sont comme d'habitude tous deux à considérer. Faut-il remplacer les parties manquantes de façon à redonner à l'œuvre une intégrité perdue ? Et dans ce cas, que faire lorsque la partie manquante n'est pas connue ? Ou bien faut-il privilégier une restitution minimum, uniquement dans le cas d'une nécessité de conservation ?

Lors de la restauration du *Monument aux Volontaires américains* en 1994, un manque important est décelé sur la crosse du fusil. Toutefois, M. Amarger préfère ne pas intervenir, car ce défaut « permet une ventilation, ce qui minimise les phénomènes de condensation et subséquent de corrosion »⁷⁸. En effet, le défaut, placé sur un point bas, n'entraîne aucune pénétration des eaux de pluie. Nous avons là l'exemple d'une restitution sans nécessité conservatoire, et que l'esthétique n'impose pas non plus. Dans ce cas, la non-intervention est probablement le meilleur choix.

En revanche, lors de la restauration de *La Liberté éclairant le monde* de Bartholdi sise sur l'île aux Cygnes à Paris, M. Sassénus préfère reconstituer la base manquante du flambeau d'après des documents d'archives⁷⁹. Il s'agit également d'un point bas, mais c'est ici la lisibilité de l'œuvre qui est privilégiée.

Ces deux exemples, pourtant assez similaires dans leur problématique, montrent qu'il n'existe pas de généralité, et que chaque œuvre est un cas particulier qui nécessite une solution adaptée.

III.3 Une alternative à une intervention risquée : la conservation en intérieur

La déontologie actuelle en matière de restauration est en faveur d'une limitation des opérations ardues. De même qu'en peinture la transposition n'est plus effectuée, on hésite aujourd'hui à remplacer l'ensemble de l'armature ou à ré-assembler de façon étanche les différentes parties constituant de l'œuvre. Outre le coût entraîné par de telles opérations, les risques de causer des dégradations supplémentaires sont élevés. De plus, les processus de corrosion étant difficiles à prévoir, rien ne garantit que ceux-ci ne vont pas reprendre dès l'intervention terminée.

Une solution est alors de rentrer l'œuvre dans un environnement contrôlé, c'est-à-dire en intérieur. Cette mesure présente un grand avantage : les interventions à effectuer deviennent beaucoup plus simples. En effet, la résistance à la corrosion, l'étanchéité, etc. ne sont plus des opérations indispensables⁸⁰ ; de même, le travail dans l'urgence n'est plus une nécessité.

De nombreuses œuvres ont récemment fait l'objet de cette mesure conservatoire. En Italie, nous pouvons citer par exemple le *Marc Aurèle* du capitole, œuvre antique. En

⁷⁸ Dossier de restauration *Jean Boucher – Monument aux volontaires américains* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁷⁹ Dossier de restauration *Bartholdi – La Liberté éclairant le monde* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁸⁰ Pour un exemple d'intervention « lourde » afin de garder une sculpture altérée en extérieur, voir par exemple PENCEER-LONGHURST Paul, NAYLOR Andrew. *Nost's Equestrian George I restored*.

France, des œuvres fragilisées ont été transférées dans les musées, comme par exemple le groupe des *Captifs* et les *Trophées de la place des Victoires* de Martin van den Bogaert (dit Desjardins), transféré du parc de Sceaux au musée du Louvre en 1993. Cet exemple ⁸¹ est caractéristique, puisqu'il a permis d'effectuer une restauration « minimale » en comparaison avec l'intervention qu'aurait nécessité le maintien de ce groupe en extérieur.

Cette alternative, s'il est vrai qu'elle s'inscrit à l'encontre de la destination initiale de l'œuvre, offre toutefois une véritable solution lorsque les problèmes de conservation ne sont plus en mesure d'être maîtrisés.

⁸¹ Dossier RF 4407-4432 disponible à la conservation du musée du Louvre (département des sculptures).

IV. Ultime étape : homogénéité et protection

Dans ce dernier chapitre concernant les interventions, nous avons regroupé deux aspects du travail final du restaurateur. Le premier vise à prolonger dans le temps le résultat obtenu ; le deuxième s'attache à donner à l'œuvre un aspect homogène et lisible. Ces deux objectifs sont parfois poursuivis au moyen du même geste, ce qui explique ce regroupement.

IV.1 Stabilisation de la corrosion

Parmi les problèmes auxquels le restaurateur est confronté, celui de la reprise immédiate du processus de corrosion est un des plus délicats.

Les interventions sur les œuvres conservées en intérieur et en extérieur diffèrent radicalement sur ce point. En effet, en intérieur, le restaurateur va souvent tenter de freiner la corrosion au moyen d'une des deux méthodes chimiques couramment employées. La première utilise l'oxyde d'argent, qui appliqué sur l'œuvre, est censé prévenir le retour de la corrosion⁸². La seconde, dite « méthode Rosenberg », utilise l'aluminium afin d'attirer les sels présents sur la sculpture.

En revanche, nous n'avons jamais trouvé ces méthodes mentionnées pour des œuvres conservées en extérieur. Après nettoyage et rinçage, c'est en effet au revêtement qu'on attribue un rôle protecteur. Nous développons largement cet usage en fin de chapitre.

Protection électro-chimique

Si l'application d'un revêtement semble être incontournable pour les œuvres en extérieur, d'autres méthodes ont cependant été envisagées au cours de ces dernières années.

La protection par couplage galvanique a été décrite par M. Mourey⁸³. Dans le cadre d'une mission à Haïti, il s'est en effet aperçu que des canons en bronze conservés en extérieur ne présentaient pas d'altération notable en raison de la présence de boulets en fer coincés à l'intérieur des fûts. En revanche, les boulets prisonniers étaient quant à eux beaucoup plus altérés que ceux restés à l'extérieur. Cette méthode est connue et fréquemment utilisée, par exemple pour protéger les carènes des navires ou encore les canalisations enterrées. Le principe consiste à mettre en liaison un métal – ou un alliage – avec un autre plus réducteur, qui est sacrifié⁸⁴.

M. Mourey conclue son article en expliquant « que les techniques de protection par couplage galvanique, si elles sont appliquées dans des conditions particulières d'humidité relative, peuvent améliorer les conditions de conservation à long terme des gros objets métalliques »⁸⁵. L'humidité nécessaire, présente en Haïti mais insuffisante sous nos latitudes, semble malheureusement être un obstacle à la mise en application de cette

⁸² Cette méthode est de loin la plus utilisée des deux. Voir par exemple les dossiers de restauration n° 179, 181, 632, 919, 920, 940, 985 et 1151 disponibles au C2RMF, site de Versailles.

⁸³ MOUREY William. *La protection des grosses pièces métalliques par création d'un couple galvanique, avenir ou utopie ?*

⁸⁴ On appelle *réducteur* un métal qui cède facilement des électrons en raison d'un potentiel d'électrode négatif. A l'inverse, les métaux dits *oxydants* - ou nobles - sont avides d'électrons.

⁸⁵ MOUREY William. *La protection des grosses pièces métalliques par création d'un couple galvanique, avenir ou utopie ?* p. 746.

pratique. Une étude récente⁸⁶ ne l'envisage d'ailleurs que pour des objets constamment immergés, ce qui est toutefois en contradiction avec l'exemple haïtien. D'autres recherches permettront peut-être de statuer définitivement sur la possibilité offerte par cette méthode pour les sculptures conservées en extérieur.

En théorie, il serait également possible de protéger une œuvre par courant imposé. Toutefois, cette méthode semble très délicate à mettre en œuvre, car une surveillance permanente du courant est nécessaire, toute variation induisant des réactions parasites sur les métaux.

IV.2 Retouches

Les interventions que nous avons décrites dans les chapitres précédents ont eu comme résultat de modifier l'aspect de l'œuvre. Dans certains cas, il est alors nécessaire d'intervenir afin de rendre à l'œuvre une plus grande homogénéité.

Lorsque les interventions ont été importantes, de simples retouches locales ne sont pas envisageables. L'intervention sur le *Monument au maréchal Moncey* est à cet égard caractéristique⁸⁷. Les nombreuses fissures, déchirures et perforations ayant été reprises par soudure ou brasure, l'œuvre doit faire l'objet d'une repatination complète. Celle-ci fut effectuée dans les ateliers de la Fonderie Coubertin, en concertation avec le conservateur responsable de l'œuvre. Cette patine a nécessité l'application de cinq couches d'oxydes métalliques en solution dans un mélange d'eau et d'acide.

Dans la plupart des cas cependant, une simple retouche locale est suffisante. Cette intervention plus restreinte pose cependant les mêmes problèmes déontologiques que lors d'une repatination complète, et un accord entre le restaurateur et le conservateur est évidemment de rigueur.

La retouche peut être effectuée à froid ou à chaud. La première méthode consiste, lors du revêtement final, à utiliser des pigments. En général, ceux-ci sont incorporés dans la cire. Lors de la restauration du Monument à Georges Courteline⁸⁸, le restaurateur M. Imbert procède de cette façon au moyen d'une cire *Cosmoloïde 80* en pâte chargée de pigments minéraux stables. Il explique qu'est ainsi « rendu au modelé une meilleure lisibilité en rééquilibrant les contrastes clair/sombre (...) ». Il précise toutefois qu'il a « travaillé avec des glacis peu chargés en pigments afin de conserver l'aspect naturel de la patine », montrant ainsi qu'une telle intervention n'est jamais sans questionnement.

La seconde méthode, effectuée à chaud, est en fait une repatination locale. Difficile à réaliser car elle doit s'accorder avec le reste de l'œuvre, elle sera bientôt utilisée par M. Amarger sur le groupe des *Bourgeois de Calais* (épreuve conservée à Calais). M. Amarger procédera au moyen d'une attaque chimique locale utilisant le nitrate de cuivre et le sulfure de potassium⁸⁹. Afin de déterminer quelles proportions d'acide employer, des tests préalables seront effectués sur des parties peu visibles. Dans le cas des retouches à chaud, l'emploi d'un chalumeau et d'acides peut être incompatible avec le socle de l'œuvre. Un démontage ou une protection adaptée est alors nécessaire.

⁸⁶ GRIMALDI G. *et al.* *Protection cathodique d'objets en bronze – Possibilités et limitations.*

⁸⁷ Dossier de restauration *Doublemard – Monument au maréchal Moncey* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁸⁸ Dossier de restauration *Benneteau – Monument à Georges Courteline* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris

⁸⁹ AMARGER Antoine. *Les Bourgeois de Calais, notice de restauration.* [A paraître].

IV.3 Le revêtement

D'un usage systématique, l'application d'un revêtement a pour but de stopper - ou au moins de ralentir - le processus de corrosion. Certains produits, dénommés « inhibiteurs de corrosion », agissent de façon chimique. D'autres agissent de façon mécanique, en formant un film isolant à la surface de l'œuvre.

Légitimité d'un revêtement

Plusieurs recherches successives ont été menées par M. Mourey sur la résistance des revêtements protecteurs commercialisés⁹⁰. L'origine de ces études, comme le prétend leur auteur, est le « certain laisser-aller des conservateurs-restaurateurs qui ont tendance à ne pas chercher à savoir si un nouveau produit est meilleur qu'un autre ou qui décident, une fois pour toutes, que seul tel ou tel produit est à utiliser dans telle circonstance »⁹¹.

La première campagne de test menée en 1987 a porté sur les revêtements alors aisément disponibles dans le commerce. Les protocoles de test furent les suivants : des échantillons similaires de cuivre furent trempés dans diverses solutions protectrices, puis soumis à trois types de corrosion artificielle : brouillard salin, rayonnement ultra-violet et chocs thermiques. Une synthèse des résultats de cette campagne de tests est fournie en annexe 4. De cette étude, on peut tirer trois conclusions principales. Tout d'abord, il n'existe pas de revêtement qui soit efficace dans les trois environnements testés. Toutefois, certains revêtements apportent, sous certaines conditions, une bonne protection du cuivre. Ce sont par exemple le *Synocryll*[®], l'*Incralac*[®] ou encore le *Rhodopas M*[®]. Enfin, certains revêtements accélèrent la corrosion au lieu de la retarder ! C'est par exemple le cas pour la cire minérale blanche ou la paraffine.

Six ans plus tard, M. Mourey renouvelle ses tests en incluant de nouveaux produits apparus entre temps sur le marché⁹². Les résultats obtenus, fournis en annexe 5, confirment les conclusions de l'étude antérieure. D'autre part, les mêmes tests réalisés sur le fer, l'argent et le plomb fournissent des résultats très différents, ce qui laisse supposer une complexité fortement accrue pour un alliage tel que le bronze.

L'étape suivante de la réflexion est assez logique : puisque certains revêtements n'assurent une bonne protection que dans certains cas, ne pourrait-on pas, en associant plusieurs revêtements, élargir la protection ? M. Mourey a donc effectué les mêmes tests en mélangeant différents produits. Il est intéressant de noter que ce ne sont pas forcément les revêtements efficaces en mono-couche qui le sont en bi-couche, en raison d'interactions entre les deux produits. Les résultats de ces tests sont fournis en annexe 6.

Une synthèse⁹³ de ces expériences a été publiée, dans laquelle M. Mourey fournit pour chaque milieu (salin, sulfureux, carbonique, etc.) les produits les plus efficaces. L'auteur conclut sur les limites des essais qui ont été effectués. La synthèse concernant le cuivre est fournie en annexe 7.

De ce travail, nous pouvons conclure que certains revêtements jouent un rôle protecteur indiscutable, mais que leur efficacité n'est pas identique pour tous les environnements. Or, les environnements recréés l'ont été artificiellement, ce qui est assez éloigné des

⁹⁰ MOUREY William. *Etude comparée de la résistance à diverses formes de corrosion des revêtements protecteurs utilisés en conservation des métaux.*

⁹¹ MOUREY William. *Etude comparée de la résistance à diverses formes de corrosion des revêtements protecteurs utilisés en conservation des métaux.* p. 1087.

⁹² MOUREY William. *Essais comparatifs de vernis utilisés en conservation et restauration des métaux.*

⁹³ MOUREY William. *Synthèse des essais sur les revêtements de protection des métaux (1986-1995).*

conditions réelles, dans lesquelles les milieux ne sont pas aussi nettement séparés. Le choix d'un revêtement en fonction d'une tendance (par exemple milieu plutôt sulfureux pour un environnement urbain, milieu plutôt salin pour le bord de mer) est donc hasardeux. De plus, nous savons maintenant que l'attitude qui consisterait à avancer qu'un revêtement, même s'il ne protège pas l'œuvre, ne peut pas nuire, est inexacte et donc à proscrire. Enfin, comme le souligne l'auteur, l'utilisation de revêtements bi-couche peut poser un problème d'ordre esthétique, en raison de l'épaisseur du revêtement et de sa couleur, souvent blanchâtre.

Spécificité du benzotriazole

Le Benzotriazole (BTA) est utilisé depuis les années 1960 comme inhibiteur de corrosion du cuivre⁹⁴. De nombreuses études en laboratoire ont clairement prouvé son efficacité. Le BTA agit par adsorption, c'est-à-dire par pénétration superficielle, en l'occurrence d'un liquide, dans un solide. Toutefois, comme le souligne une équipe de l'Ecole des Mines de Paris « la médiocre compréhension que l'on a de l'adsorption chimique des molécules organiques (...) ont laissé sans guide les expérimentateurs »⁹⁵.

Le BTA est souvent un des composés de revêtements du commerce, comme par exemple l'*Incralac*[®], mais il peut également être utilisé isolément. Pour le traitement des sculptures conservées à l'intérieur, il est très fréquemment employé⁹⁶. En revanche, pour les œuvres conservées à l'extérieur, son emploi est beaucoup plus rare : nous n'avons consulté qu'un seul dossier le mentionnant⁹⁷.

Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer cette différence. Tout d'abord, le BTA est cancérigène, et la méthode d'application recommandée est en conséquence l'immersion dans un bain⁹⁸. Or, cette technique est le plus souvent rendue impossible par la taille des œuvres. D'autre part, il semblerait que le BTA soit surtout efficace sur du métal nu, ce qui ne correspond pas aux œuvres en bronze conservées à l'extérieur.

Il a également été envisagé d'utiliser le BTA pour ôter les chlorures des pièces corrodées qui résistent aux méthodes de nettoyage par abrasion. Toutefois, des études récentes⁹⁹ ont montré que le BTA forme un film à la surface des échantillons sur lesquels il était appliqué, retenant les produits de corrosion. Il ne peut donc pas être utilisé comme agent déchlorurant.

Utilisation de la cire

Le revêtement utilisé le plus fréquemment est la cire. Transparente et facilement réversible, elle offre les qualités requises pour une action de conservation-restauration. La cire est généralement appliquée en deux couches, plus rarement trois. Avant application, elle est diluée dans du white spirit, en général à 5%. Les cires les plus utilisées sont les cires minérales et les cires microcristallines¹⁰⁰. Notons toutefois que ces

⁹⁴ On peut noter que la réaction cuivre / BTA est spécifique de ce couple, et que le BTA n'est donc en général pas utilisé pour protéger d'autres métaux ou des alliages non cuivreux.

⁹⁵ COMBARIEU Robert, DAUCHOT Gilles, DELAMARE François. *Etude de l'adsorption du benzotriazole sur le fer, le cuivre et le laiton à par Tof-SIMS et XPS*. p. 223.

⁹⁶ Voir par exemple les dossiers de restauration n° 181, 213 et 1151 disponibles au C2RMF, site de Versailles.

⁹⁷ Dossier de restauration *Anonyme - Monument à Clovis Hugues* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

⁹⁸ Cette méthode fut notamment utilisée lors de la restauration du *Vœu* par Agathon. Dossier de restauration n° 1323 disponible au C2RMF, site de Versailles.

⁹⁹ LOEPPER-ATTIA Marie-Anne, ROBBIOIA Luc. *Etude de la déchloruration de dépôts de CuCl formés sur du cuivre en absence et en présence de benzotriazole (BTA)*.

¹⁰⁰ Par exemple *Reswax*, *Art Protect* ou *Cosmoloïde 80*.

termes ne recouvrent pas de notions précisément définies, puisque comme le signale M. Mourey¹⁰¹, des ouvrages de référence tels le *Horie*, le *Dictionnaire de la Chimie* et le *Merck Index* fournissent des définitions contradictoires.

Les restaurateurs justifient cette application en évoquant la réduction des échanges hygrométriques entre l'œuvre et son environnement, conséquence du pouvoir hydrophobe des cires. Certains dossiers font également mention d'une protection contre les dégâts occasionnés par les pigeons.

Des études ont été menées afin de déterminer la manière la plus efficace d'appliquer une cire. Les tests effectués montrent qu'il est souhaitable de chauffer préalablement l'œuvre à une température supérieure à celle du point de fusion du revêtement¹⁰². Les restaurations que nous avons étudiées utilisent cette technique, avec parfois des variantes. Par exemple, si la première couche est effectivement passée à chaud, la seconde l'est quelquefois à température ambiante.

Les problèmes liés à l'utilisation du pinceau, tels que le manque d'uniformité, la perte de poils inclus dans le revêtement, la difficulté d'atteindre certaines parties ou encore le temps nécessaire à l'opération ont également été mis en évidence¹⁰³. Des systèmes d'application par projection ont été testés, mais ils nécessitent l'utilisation de solvants inflammables en présence d'une flamme, ce qui n'est pas sans danger.

Enfin, signalons qu'il existe une technique pour mesurer l'épaisseur de la couche protectrice¹⁰⁴. En théorie, les fabricants fournissent, pour leur produit, l'indication de l'épaisseur souhaitable ; l'application d'un gabarit sur l'œuvre permet de vérifier cette épaisseur. Toutefois, cette technique détruit la couche à l'endroit du test.

¹⁰¹ MOUREY William. *Synthèse des essais sur les revêtements de protection des métaux (1986-1995)*. p. 227.

¹⁰² SEMBRAT Joseph Jr. *The use of a thermally applied wax coating on a large-scale outdoor bronze monument*.

¹⁰³ SEMBRAT Joseph Jr. *The use of a thermally applied wax coating on a large-scale outdoor bronze monument*.

¹⁰⁴ SEMBRAT Joseph Jr. *Reliable methods for the measurement and inspection of protective barriers coating for outdoor monuments*.

Conclusion

Nous venons d'exposer les interventions principales effectuées sur les œuvres, en présentant diverses solutions à l'intérieur d'un schéma pratiquement invariable. Enfin, nous avons discuté de l'efficacité d'un revêtement.

En introduction du présent chapitre, nous avons évoqué une troisième raison pour laquelle l'intervention peut être demandée : la maintenance de l'œuvre. C'est maintenant à cet aspect, et autour de ce thème à ceux plus larges de l'inventaire, de la surveillance et de la conservation préventive, que nous allons nous intéresser.

**Conserver :
inventorier et
planifier ?**

Introduction

En introduction de la conférence internationale sur les métaux *Metal 95*¹⁰⁵, M. Pennec de LP3 Conservation indique¹⁰⁶ :

« La pratique des restaurations des bronzes, des fontes de fer ou plus généralement des métaux en extérieur, nous confronte à la notion d'entretien et de suivi de la restauration effectuée. (...) En extérieur, aucune restauration ne peut, surtout si elle respecte le principe de réversibilité des interventions, perdurer au-delà de 5 ou 10 ans sans surveillance, sans nettoyage, sans entretien. Cette notion d'entretien est cruciale pour le choix du type de restauration, car elle conditionne par son absence nos interventions. »

Ce discours souligne l'importance d'un suivi régulier après restauration. Or, nous avons jusqu'à présent uniquement décrit des interventions effectuées après un constat d'altération. Néanmoins, nous avons évoqué la possibilité d'intervenir sur les œuvres pour en effectuer la maintenance, thème que nous allons maintenant développer.

Nous allons tout d'abord nous servir de quelques projets menés dans d'autres pays pour dégager les avantages et les inconvénients d'une telle démarche. Nous nous interrogerons ensuite sur les apports d'un suivi régulier. Enfin nous concluons en proposant un modèle s'appliquant aux artistes contemporains et à leurs œuvres.

¹⁰⁵ La conférence *Metal 95* s'est tenue à Semur-en-Auxois du 25 au 28 septembre 1995. Cette conférence trisannuelle est organisée sous l'égide du groupe de travail *Métaux* de l'ICOM-CC.

¹⁰⁶ PENNEC Stéphane. *La conservation-restauration du patrimoine métallique. Quelques réflexions.* p. 4.

I. Présentation de projets de grande envergure

Ces dernières années ont vu dans plusieurs pays la mise en place de projets d'envergure nationale, régionale ou locale. Nous allons dans cette première partie présenter ces projets et essayer de dégager leurs spécificités.

I.1 Description des projets

Le projet Save Outdoor Sculptures! aux Etats-Unis

Save Outdoor Sculpture!, ou *SOS!*, est un projet de très grande envergure, de loin le plus important qu'il nous ait été donné de rencontrer. Il émane du *Smithsonian American Art Museum* et de l'*Heritage Preservation*. D'autres organismes ont par la suite rejoint le projet, comme le *National Museum of American Art* ou encore le *National Institute for the Conservation of Cultural Property*. Son but est double : inventorier et documenter l'ensemble des sculptures présentes sur le territoire américain et aider à leur préservation.

La première phase, qui a débuté en 1989, a vu le recensement de 32.000 sculptures conservées à l'extérieur, tous matériaux confondus. Les données récoltées ont enrichi la base de données du *Smithsonian American Art Museum*. Cet inventaire a fourni quelques chiffres clés, comme 45% le pourcentage d'œuvres se trouvant dans un état de conservation nécessitant une intervention, ou encore 5% le pourcentage d'œuvres nécessitant une intervention urgente. Le principal résultat fourni par cet inventaire, à savoir la répartition des œuvres et leur état de conservation, est succinctement fourni en annexe 8.

La seconde phase, toujours en cours, a pour but de fournir des ressources humaines et financières à des projets de restauration-conservation. En effet, *SOS!* peut, à la demande d'initiatives locales, offrir non seulement un financement, mais également la collaboration d'un professionnel.

Des partenariats se sont développés dans chaque état, avec parfois une forte implication des autorités locales. En Georgie par exemple, les pouvoirs publics ont apporté un soutien sans équivoque au projet en faisant passer une résolution à la chambre des représentants (présentée en annexe 9).

En l'an 2000, le projet *SOS!* a reçu le prix Keck lors du 18^e congrès de l'institut international de conservation des œuvres artistiques (IIC) qui s'est tenu à Melbourne en Australie.

Un projet régional en Saxe et Saxe-Anhalt (Allemagne)

Nous avons eu connaissance d'un projet allemand qui s'est développé à l'échelle de la région de Saxe et Saxe-Anhalt¹⁰⁷. Ce projet, qui s'est déroulé sur les années 1998 et 1999, a été financé par la fondation allemande pour l'environnement (*Deutsche Bundesstiftung Umwelt*).

¹⁰⁷ MEIBNER Birgit, ANNEGRET Michel. *German model project for the restoration of large outdoor statues and galvanized sculptures in Saxony and Saxony-Anhalt (1 Jan 1998 – 31 Dec 1999)*.

Trois buts étaient poursuivis. Tout d'abord l'étude et la restauration des œuvres. Pour cela, le recours aux analyses en laboratoire (caractérisation des alliages, identification des produits de corrosion, etc.) fut fréquent. Ensuite, la formation de restaurateurs spécialisés dans les techniques du bronze, leur nombre dans l'ancienne Allemagne de l'Est étant particulièrement peu élevé. Enfin, la récolte de données concernant l'état des œuvres, et leur évolution après utilisation de nouvelles méthodes de restauration, notamment en ce qui concerne les revêtements.

Un projet local à Versailles (France)

Le domaine national de Versailles et Trianon couvre aujourd'hui environ huit cents hectares, correspondant aux jardins et à une partie de l'ancien petit parc. Il est orné d'environ cinq cents statues, termes, bustes et vases réalisés en marbre, bronze ou plomb. Ce chiffre varie d'ailleurs considérablement, selon que l'on compte les bassins comme une seule œuvre ou que l'on dénombre chaque sculpture les composant.

Le projet versaillais est encore dans une phase préliminaire. Toutefois, les premières questions se sont d'ores et déjà posées. Signalons par exemple que la documentation concernant les restaurations antérieures est souvent inexistante ou éparpillée. Loin d'être une exception, cette situation semble généralisée¹⁰⁸. Des recherches et des études sont donc nécessaires si l'on souhaite dresser un constat d'état complet, qui tient compte de l'histoire de l'œuvre.

Un choix préalable entre deux scénarios est donc nécessaire avant le démarrage du projet. Le premier scénario privilégie un constat d'état pour chaque œuvre, demandant temps et budget, et retardant pour ces raisons le début des interventions. Le second scénario préfère en revanche se concentrer sur un nombre réduit d'œuvres, qui seront étudiées et traitées si nécessaires.

Autres projets

D'autres projets existent, mais nous n'avons pas pu rassembler suffisamment d'informations pour pouvoir les présenter. Nous savons par exemple qu'à Göteborg en Suède, au début des années 1990, environ quatre cents sculptures et bâtiments ont été recensés et étudiés¹⁰⁹. Cent sept étaient des sculptures de bronze, parmi lesquelles quatre seulement présentaient des altérations notables.

1.2 Comparaisons entre les projets

Nous allons maintenant effectuer des comparaisons entre les projets présentés, en soulignant certains aspects qui nous semblent particulièrement importants.

Buts des projets

Il existe dans les trois projets la volonté de documenter les œuvres. Dans le projet américain *SOS!*, il est intéressant de noter qu'il s'agit du but premier, qui est régulièrement cité avant toute référence à la restauration. Dans la résolution adoptée par

¹⁰⁸ Lors de cette étude, à une ou deux exceptions près, nous n'avons pas consulté de dossier de restauration antérieur à 1985. La plupart des dossiers réalisés entre 1985 et 1990 sont plus proches d'une facture détaillée que d'un véritable dossier. Leur qualité est cependant en très nette amélioration depuis 1990, et les plus récents sont souvent tout à fait complets et précis.

¹⁰⁹ MANGIO Regina, ROSVALL Jan. *Uniting forces for promotion of cultural heritage: interdisciplinary cooperation based in Göteborg.*

la chambre des représentants de Georgie, lors du rappel de l'inscription de cette démarche dans un effort national, le terme « inventorier » est également placé en tête¹¹⁰.

Les informations récoltées au cours de la première phase de *SOS!* ont été enregistrées dans la base de données *Smithsonian Institution Research Information System* (SIRIS) et sont accessibles en ligne par le réseau internet¹¹¹ sous une forme condensée. Un exemple de fiche d'œuvre est fourni en annexe 10. De même, une base de données a été utilisée dans le projet allemand ; ses rubriques sont fournies en annexe 11.

Si l'on compare les informations retenues dans chaque projet, on remarque bien entendu des similitudes en ce qui concerne les informations à enregistrer : nom de l'œuvre, artiste, date, matériau, emplacement, description de l'environnement immédiat, etc. Mais la façon dont ces données doivent être renseignées diffère radicalement, pour des raisons sur lesquelles nous allons revenir. Les illustrations font partie des données enregistrées, et peuvent servir à étudier l'évolution de l'œuvre au cours, qui est un des buts du projet allemand.

Ces deux exemples de fiches pourraient servir de base pour le projet de Versailles. De même, la mise à disposition des données - si ce n'est pour le plus large public, au moins pour les professionnels de la conservation-restauration - nous semble une idée intéressante.

Organisation

La différence constatée dans le mode de récolte des informations s'explique par des organisations très différentes. Le projet *SOS!* fait très largement appel au volontariat. Les bénévoles intéressés sont tout d'abord encadrés par des professionnels (conservateurs ou restaurateurs), et peuvent suivre des formations. Un ensemble de moyens, tels que guides imprimés ou cassettes vidéos, a été créé pour le projet et sont mis à leur disposition. Ce recours à du personnel non-professionnel oblige à un recueil d'informations au moyen de questions « fermées », tandis que le projet allemand, mené exclusivement par des conservateurs et des restaurateurs, a retenu des rubriques « ouvertes ». Deux tendances s'opposent donc avec ces choix : rapidité et facilité de la collecte contre précision des informations recueillies.

De même, pour les illustrations, le projet *SOS!* fait appel aux volontaires. En effet, toute personne peut envoyer ses propres photos ou diapositives d'œuvres. Un formulaire a été réalisé à cet effet par *SOS!* ; il permet de recueillir les informations essentielles, sans oublier la permission d'utiliser les illustrations pour publication. Ainsi, si suffisamment de photos sont prises et envoyées, il devient possible de suivre l'évolution des œuvres dans le temps. Un exemplaire du formulaire est fourni en annexe 12.

L'avantage de cette récolte photographique est immédiat : dans le meilleur des cas, *SOS!* disposera d'un grand nombre de clichés pris à des dates différentes, permettant un suivi efficace. Cependant, certaines œuvres délaissées par les volontaires peuvent également ne pas être illustrées. De plus, les qualités et le rendu des couleurs, assurément très divers, peuvent gêner l'interprétation, par exemple pour la transformation d'une patine. Enfin, le dépouillement des clichés reçus, leur stockage et leur étude nécessitent un important travail.

¹¹⁰ « (...) inventory and preserve outdoor sculpture » (inventorier et préserver les sculptures conservées à l'extérieur).

¹¹¹ Adresse : <http://www.siris.si.edu>

En ce qui concerne les illustrations, ce mode de fonctionnement est-il applicable au cas versaillais ? Les milliers de clichés pris chaque année par les touristes pourraient certainement constituer une base de données exploitable. Cette solution ne pourra cependant éviter une répétition des mêmes œuvres. En effet, les goûts et les itinéraires empruntés par les touristes privilégient souvent certaines sculptures par rapport à d'autres. De plus, le projet *SOS!* s'inscrit dans une démarche entièrement bénévole, qui s'accorde difficilement avec les motivations touristiques. Un projet local, par exemple au niveau de la commune de Versailles, est peut-être plus facilement envisageable. Par contre, nous ne savons pas si cette suggestion répond aux exigences des responsables de la conservation.

Publicité

Un dernier aspect nous a semblé important à développer, celui de la publicité organisée autour du projet.

Le projet allemand revêt un caractère confidentiel. Nous n'avons trouvé qu'un seul article le mentionnant, publié dans une revue scientifique à tirage limité destiné aux professionnels. De même, nos recherches sur le réseau internet sont restées infructueuses. En revanche, *SOS!* est un projet qui a su se faire connaître ; une recherche sur internet fournira par exemple des dizaines de pages. Cette différence s'explique évidemment par l'appel au volontariat, qui nécessite que le projet soit connu du plus grand nombre.

Cette remarque nous conduit à la question suivante : quelle publicité est faite en France autour d'une action de restauration concernant une sculpture ? Il nous semble qu'en France les actions de restauration concernant les sculptures restent largement confidentielles. Pourtant, l'occasion est excellente pour sensibiliser le public aux altérations que peut subir le patrimoine commun. Les palissades qui entourent les chantiers pourraient servir de support de communication, présentant les raisons et le contenu du travail effectué. Pour le moment elles ne sont guère exploitées, comme le montre l'intervention actuelle sur la *Fontaine des fleuves* place de la Concorde à Paris¹¹².

En Italie en revanche, plusieurs restaurations récentes ont donné lieu à des publications destinées à un public plus large que les seuls professionnels¹¹³. De plus, certaines ont été traduites en français¹¹⁴, ce qui prouve une forte volonté de diffusion, qui n'est pas toujours liée à la présence d'un mécène.

¹¹² On peut lire sur les palissades qui entourent le chantier : « La Mairie de Paris restaure la Fontaine des Fleuves avec la participation de l'Etat, Ministère de la Culture et de la Communication / Les travaux se dérouleront d'octobre 2000 au printemps 2000 ».

¹¹³ Par exemple PARISI PRESICCE Claudio. *Il Marco Aurelo in Campidoglio* ; PARISI PRESICCE Claudio. *La lupa capitolina*.

¹¹⁴ Par exemple SCRAFI Bianca Maria. *Le lion de Venise* ; CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE. *La restauration du Persée. Les technologies au service de l'humanisme*.

II. Suivi programmé ou intervention urgente ?

Nous venons de présenter deux projets dans lesquels le suivi des œuvres est un des aspects importants.

Ce suivi diffère radicalement des actions de restauration que nous avons décrites dans un chapitre précédent. En effet, les restaurations présentées sont des interventions visant à résoudre des problèmes conservatoires ou esthétiques constatés. Lorsqu'elle est en mesure de le faire (obtention de budget, temps, etc.), la personne responsable de l'œuvre demande l'intervention d'un restaurateur qui va alors établir un diagnostic et proposer, en accord avec les instances responsables, un type d'intervention.

En revanche, le suivi ne possède pas ce caractère de réponse. Planifié, il est démarré hors de l'urgence, alors que les œuvres ne présentent pas obligatoirement de problème. De plus, tel que nous l'entendons, il possède un caractère itératif : les œuvres sont examinées périodiquement, à fréquence fixe.

Nous voudrions maintenant mettre en parallèle ces deux modes de fonctionnement.

II.1 Les apports d'un suivi programmé

Recueil de données

Hors de l'urgence, un suivi offre un certain nombre d'avantages. Tout d'abord, la somme des informations recueillies permettra de mieux comprendre les processus d'altérations. En effet, parmi les études que nous avons été amené à consulter, nous n'en avons pas trouvé présentant les évolutions d'une œuvre au cours du temps.

Pour illustrer notre propos, examinons le cas du groupe équestre représentant *Simon Bolívar* par Emmanuel Fremiet. En 1995, M. Amarger intervient sur une œuvre qui a perdu toute lisibilité¹¹⁵ en raison d'une peinture qui s'est entièrement craquelée. Entre 1990, date à laquelle les couches de peinture ont été appliquées, et 1995, comment cette œuvre a-t-elle évoluée ? Le dossier de restauration mentionne des « graffitis violemment nettoyés », mais aucune date n'est indiquée. La peinture s'est-elle altérée immédiatement ? Ou bien est-ce la technique de nettoyage (utilisation d'un solvant ?) qui a provoqué cette altération ? Si cette œuvre avait fait l'objet d'un examen régulier, les réponses à ces questions seraient vraisemblablement connues. Les projets que nous avons présentés, parce qu'ils ont intégré une notion de suivi, devraient bientôt apporter ce type d'informations, riches d'enseignements.

Réaction à une modification

Le suivi régulier des œuvres permet également de réduire le temps de réaction, par exemple suite à une modification de l'environnement. Un arbre qui accueille désormais des nids, une déviation de la circulation qui met l'œuvre à proximité d'un trafic routier important, la construction d'une fontaine, etc. sont des informations qui peuvent influencer directement sur la dégradation d'une œuvre ; les consigner nous semble pour cette raison primordial.

¹¹⁵ Voir les photos en annexe du dossier de restauration *Emmanuel Fremiet – Simon Bolívar* disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

Le projet américain et le projet allemand portent d'ailleurs une attention particulière à ces phénomènes. La fiche de *SOS!* inclut par exemple la proximité d'une route, d'arbres, d'un aéroport, etc. De plus, un champ libre permet d'apporter des commentaires supplémentaires. Le projet allemand possède quant à lui une rubrique « emplacement / environnement »¹¹⁶.

Un suivi régulier des œuvres permet donc de prendre en compte immédiatement - ou tout du moins de juger de leur importance - tout phénomène extérieur nouveau.

II.2 Applications en matière de conservation

A la notion de suivi s'ajoute naturellement celle de maintenance. Existe-t-il des actions simples qui, si elles sont régulièrement répétées, permettent une meilleure conservation des œuvres ? De nombreux dossiers de restauration mentionnent la nécessité d'effectuer un entretien périodique des œuvres. Nous trouvons par exemple des phrases telle que « L'entretien régulier est le prolongement indispensable de la restauration »¹¹⁷. En règle générale, cet entretien inclut un nettoyage léger et le renouvellement du revêtement.

Renouvellement du revêtement

Des études ont été effectuées sur les durées d'efficacité des revêtements, notamment des cires. Il apparaît qu'une cire conserve son efficacité durant une période très variable. En effet, la destruction progressive du revêtement est le plus souvent due à l'érosion éolienne. Les facteurs qui interviennent dans ce processus, tels que l'environnement immédiat de l'œuvre, son exposition, etc., sont donc difficilement quantifiables. Aussi, les préconisations inscrites dans les dossiers restent-elles volontairement évasives quant à la fréquence des interventions à effectuer : les restaurateurs les plus audacieux conseillent généralement une périodicité annuelle ou bisannuelle.

Or, un revêtement en mauvais état est source d'altérations. En effet, lorsque certaines zones sont protégées tandis que d'autres ne le sont plus, la corrosion se concentre sur les zones découvertes, où son action est décuplée¹¹⁸. En conséquence, quand elle est utilisée comme méthode conservatoire, la cire doit être renouvelée régulièrement. La méthode suivante est alors conseillée. La couche superficielle de cire doit tout d'abord être solubilisée, par exemple au moyen de white spirit. Ensuite, une nouvelle couche de cire est appliquée au pinceau. Après évaporation, la cire doit être brossée de façon à donner un film lisse.

¹¹⁶ MEIBNER Birgit, ANNEGRET Michel. *German model project for the restoration of large outdoor statues and galvanized sculptures in Saxony and Saxony-Anhalt (1 Jan 1998 – 31 Dec 1999)*. p. 343 : « location / surrounding ».

¹¹⁷ AMARGER Antoine. *Les Bourgeois de Calais, notice de restauration*. [A paraître].

¹¹⁸ Le dossier de restauration *Gustave Doré - Monument à Alexandre Dumas* rend compte de ce phénomène mais l'attribue à « l'acidité corrosive » des fientes de pigeons qui ont détruit la cire et provoqué une forte corrosion. Dossier disponible à la conservation des œuvres d'art religieuses et civiles de la ville de Paris.

III. La conservation des œuvres contemporaines

La dernière partie de cette étude sera consacrée aux artistes contemporains et aux œuvres nouvellement créées. La présence de l'artiste permet en effet d'envisager son implication dans le processus de conservation-restauration. De même, il est possible de commencer le suivi de l'œuvre dès sa première exposition.

III.1 Le rôle de l'artiste dans la conservation des œuvres

Nous n'avons pas encore évoqué un acteur majeur de la conservation-restauration : l'artiste. Quel doit être son rôle, et comment l'impliquer ?

Implication de l'artiste

Comme bien souvent dans le domaine de la conservation-restauration, deux approches antagonistes s'affrontent. En effet, l'artiste doit être libre de créer une œuvre avec les matériaux et les techniques de son choix. En revanche, le conservateur préfère assurer la pérennité d'une œuvre dont il sait qu'elle pourra affronter les attaques du temps.

Selon Janet Hughes¹¹⁹, il est souhaitable de s'assurer dès la commande que des considérations relatives à la conservation ont été envisagées. Mme Hughes pense en effet qu'un contrat mentionnant cet aspect peut grandement influencer l'artiste dans sa démarche. Les artistes semblent d'ailleurs être favorables à cette requête. Son étude, menée auprès de sculpteurs, a en effet montré qu'ils sont en majorité prêts à considérer les nécessités conservatoires dès le stade de la conception.

Dans la même logique, Mme Hughes préconise d'inclure, dès le démarrage du projet, un conservateur et un restaurateur dans le comité de sélection. Ces derniers pourraient valider les choix techniques de l'artiste ou aider à sélectionner un emplacement offrant toutes les garanties nécessaires à une bonne conservation.

Autres requêtes

Nous pouvons, dans une démarche similaire, préconiser d'autres idées.

Par exemple, il pourrait être utile de demander à l'artiste la liste exhaustive des matériaux employés. Cette liste comprendrait non seulement le nom des matériaux et des produits utilisés, mais également les quantités employées, les dosages, etc. Ainsi, les altérations pourraient être interprétées de façon plus rapide et plus efficace. De même, les interventions, par définition traumatisantes, pourraient s'inscrire au mieux dans la logique de l'œuvre.

L'idée d'une « période de garantie » nous semble également intéressante. Durant cette période, l'artiste pourrait participer à la conservation de l'œuvre. A terme, cette solution devrait entraîner une prise de conscience de la notion de conservation par l'artiste. Cette proposition permettrait également de s'assurer que les coûts de maintenance ne sont pas trop élevés.

¹¹⁹ HUGHES Janet. *Prevention of conservation problems of outdoor sculpture - The importance of the commissioning documentation.*

De même, il serait utile de posséder un échantillon de l'alliage, de façon à conserver une trace de l'intention de l'artiste. De cette façon, des comparaisons pourraient facilement être effectuées en cas d'altération. De plus, si une repatination devait être réalisée, il serait possible de respecter au mieux l'état d'origine souhaité par l'artiste.

III.2 Suivre les œuvres contemporaines dès l'origine

Contrairement à la majorité des œuvres plus anciennes, les œuvres contemporaines n'ont pas encore subi de restauration, et offrent pour cette raison un champ d'étude idéal. De plus, il est possible de suivre leur évolution dès le moment où elles sont installées, ce qui peut se révéler riche d'enseignements, notamment au niveau de la patine et des processus de corrosion.

Nous n'avons trouvé aucune étude consacrée à l'évolution d'une œuvre récente. Afin d'illustrer la façon dont un tel suivi pourrait être organisé, nous allons prendre comme exemple le *Jardin des Tuileries* à Paris et présenter une étude qui pourrait s'y dérouler.

Sélection des œuvres

Parmi les sculptures en bronze récemment installées dans le *Jardin des Tuileries*, certaines présentent des caractéristiques méritant une attention particulière. Nous pensons en effet qu'il est plus judicieux d'étudier peu d'œuvres de façon approfondie plutôt que d'en observer succinctement un trop grand nombre.

L'ami de personne, d'Erik Dietman, est une commande de l'état qui a été réalisée en 1999. Située à même le sol, elle offre aux visiteurs du jardin une surface propice à servir de siège. La modification de la surface due à des dégradations par abrasion pourrait donc y être surveillée.

The welcoming hands, de Louise Bourgeois, est un bronze patiné au nitrate d'argent réalisé en 1996. Les formes arrondies des bras forment deux zones distinctes : l'eau reste sur la surface supérieure, tandis qu'elle glisse sur les parties latérales. De plus, des mains aux doigts enlacés forment de véritables « réservoirs » dans lesquels l'eau stagne pratiquement en permanence. Cette œuvre est pour ces raisons particulièrement propice à l'étude des phénomènes de corrosion.

Enfin, *Confidence* de Daniel Dezeuze est une œuvre en bronze réalisée en 2000. Elle présente de longues surfaces lisses alternées avec des surfaces formant des bourrelets, également intéressantes pour l'étude de la corrosion.

Première étude de référence et suivi des œuvres

Une première série d'études et d'analyses aurait pu être réalisée lors de l'installation des œuvres. Nous envisageons le scénario suivant.

Une campagne photographique, visant à fournir un état susceptible de servir de référence, est menée. L'heure des prises de vue, le type de pellicule, la marque de l'appareil, etc. sont notés, de façon à pouvoir respecter les mêmes conditions lors des campagnes suivantes.

Durant cette phase initiale, les œuvres évoluent probablement très rapidement. En conséquence, les premières campagnes d'études doivent être suffisamment rapprochées, par exemple tous les six mois. Chaque campagne suivante inclut une nouvelle série de photographies et d'éventuels prélèvements des produits de corrosion, leur choix étant motivé par la couleur.

Premiers constats, premières mesures

Très rapidement, des éraflures et des variations de couleur sont apparues sur *L'ami de personne* (voir les illustrations – planche 3 en fin de document). Une estimation de la vitesse de ces modifications devrait permettre d'évaluer la pertinence d'une mesure de protection, par exemple une mise à distance du public.

Sur *The welcoming hands*, une différence de couleur assez nette est rapidement apparue entre les zones supérieures, plus brunes, et les zones latérales, plus argentées, témoignant de l'évolution de la patine sous l'effet de l'eau. De plus, un point de corrosion est visible à l'intérieur d'une main formant « réservoir ». Son analyse favorisera la compréhension du phénomène (planche 3).

Enfin, *Confidence* présente sur une surface lisse une corrosion inattendue (planche 3). Un examen attentif de cette partie de l'œuvre par un œil exercé devrait pouvoir en déterminer la cause exacte - défaut de fonderie ? -, permettant le choix d'une réponse appropriée.

Au moyen de cet exemple, nous avons voulu montrer comment le suivi d'œuvres récentes peut très rapidement, et pour un coût qui reste modeste, fournir des éléments utiles à leur conservation. Volontairement, nous n'avons pas souhaité donner plus de détails sur la façon dont le suivi pourrait être assuré. Une démarche structurée est bien entendu souhaitable ; mais la volonté de la mettre en place nous semble encore plus primordiale.

Conclusion

Les projets qui se sont mis en place ces dernières années incluent le catalogage précis des œuvres et leur suivi régulier. Cette démarche nouvelle contraste avec celle consistant à intervenir en réponse à une altération ou à une dégradation constatée. Sensibiliser l'artiste à la conservation-restauration et mettre en place une surveillance des œuvres dès leur exposition nous semblent également profitable.

Ces mesures, qui relèvent souvent du simple bon sens, pourraient à terme permettre une meilleure conservation des œuvres de notre patrimoine.

Conclusion générale

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la complexité des phénomènes d'altérations. La multiplicité des facteurs entrant en jeu et leur compréhension encore lacunaire nous fait douter de la possibilité de prévoir précisément ces phénomènes. Espérons que des études nouvelles nous permettront bientôt de réviser ce jugement. Dans une deuxième partie, nous avons parcouru les différentes étapes d'une restauration. Aux méthodes devenues traditionnelles viendront probablement s'ajouter, dans un futur proche, celles issues des nouvelles technologies. Nous pensons à cet égard que le plasma est particulièrement prometteur pour le nettoyage des œuvres. Enfin, une présentation rapide de quelques projets a permis de mettre en évidence l'importance et les avantages d'un suivi planifié des œuvres.

L'exemple du *Jardin des Tuileries* le montre clairement, l'utilisation de sculptures en bronze pour agrémenter des espaces extérieures est une pratique vivante. La bonne conservation de ces œuvres réclame selon nous deux conditions.

La première est la présence de conservateurs-restaurateurs professionnels et spécialisés. La restauration du bronze, et plus généralement des métaux ou des alliages métalliques, nécessite des compétences multiples et diverses. A une bonne assimilation des techniques de fonte, de ciselure, etc. viennent par exemple s'ajouter des connaissances en physique et en chimie. De plus, un œil entraîné et une main sûre sont également essentiels. Enfin, et peut-être est-ce l'aspect le plus important, une constante remise en cause est indispensable. En effet, les techniques évoluent, les recherches progressent, et les méthodes de restauration utilisées aujourd'hui ne seront vraisemblablement plus celles de demain.

La seconde condition est la volonté d'inclure le suivi des œuvres dans une démarche globale. Comparée à la sculpture en pierre, celle en bronze souffre peut-être de sa solidité apparente. Elle n'a souvent été considérée que dans des cas extrêmes, nécessitant alors des interventions importantes. Or, les restaurations ne sont jamais anodines. Les prévenir nous semble donc une excellente stratégie.

BIBLIOGRAPHIE

Nous avons choisi d'ordonner notre bibliographie thématiquement. A l'intérieur de chaque thème, les ouvrages ou articles sont classés alphabétiquement selon le nom de l'auteur, puis éventuellement par date décroissante. Dans la mesure du possible, les dates d'écriture et non de publication ont été indiquées en tête de chaque référence.

Généralités

1989 AMARGER

AMARGER Antoine. *Bronzes en extérieur*. Mémoire de fin d'études de l'Institut Français de Restauration des Œuvres d'Art. 1989. 2 tomes.

1978 BAUDRY

BAUDRY Marie-Thérèse. *La sculpture. Méthode et vocabulaire. Principes d'analyse scientifique*. Ministère de la culture, Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France. Paris : Imprimerie nationale, 1978. 766p.

1968 BETEKHTINE

BETEKHTINE. *Manuel de minéralogie descriptive*. 3e éd. Moscou : MIR, 1968. 735 p.

1981 HAUSER

HAUSER Christian. *La fonte d'art*. Genève : Bonvent, 1981. 206 p.

2000 IRPA-C2RMF

CRISTAL. *Projet de vocabulaire*.

1988 RAMA

RAMA Jean-Pierre. *Le bronze d'art et ses techniques*. H. Vial, 1988. 375 p.

Corrosion, modélisation de la corrosion

1999 BARTULI

BARTULI Cecilia *et al.* « Prediction of durability for outdoor exposed bronzes: estimation of the corrosivity of the atmospheric environment of the Capitoline Hill in Rome ». *Studies in conservation*, 1999, vol. 44, no. 4, p. 245-252.

1981 EVANS

EVANS Ulick. *The corrosion and oxidation of metals: scientific principles and practical applications*. London : Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1981. 1094 p.

1991 HECHLER

HECHLER Jean-Jacques. « Metal corrosion, wetness and deposition at the exterior of a building in Montréal ». *APT Bulletin*, 1991, vol. 23, no. 4, p. 20-25.

1991 MEAKIN

MEAKIN John, AMES David, DOLSKE Donald. « Degradation of monumental bronzes ». *APT Bulletin*, 1991, vol. 23, no. 4, p. 58-63.

1995 MOTTNER

MOTTNER Peter, ASSFALG Elke, FREITAG Jörg. « Investigations into intercrystalline corrosion and conservation of zinc ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 329-340.

1993 ROBBIOLA

ROBBIOLA Luc, FIAUD Christian, PENNEC Stéphane. « New model of outdoor bronze

corrosion and its implications for conservation ». *ICOM committee for conservation, 10th triennial meeting, Washington DC, 22-27 August 1993, Preprints volume II*. p. 796-802.

1998 STRANDBERG

STRANDBERG Helena. « Perspectives on bronze sculpture conservation - modelling corrosion ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLO Luc éditeurs .London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.297-302.

1996 STRANDBERG

STRANDBERG Helena, JOHANSSON Lars-Gunnar, ROSVALL Jan. « Outdoor bronze sculptures - A conservation view on the examination of the state of preservation ». *ICOM Committee for conservation, 11th triennial meeting, Edinburgh, 1-6 September 1996, Preprints volume II*. p. 894 – 900.

Inhibition de la corrosion, revêtements

1987 AUDISIO

AUDISIO S. *et al.* *Traitement de surface et protection contre la corrosion – Ecole d'été, Aussois 1987*. Paris : Les éditions de physique, 1987. 678 p.

1998 COMBARIEU

COMBARIEU Robert, DAUCHOT Gilles, DELAMARE François. « Etude de l'adsorption du benzotriazole sur le fer, le cuivre et le laiton α par ToF-SIMS et XPS ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.223-228.

1998 LOEPPER-ATTIA

LOEPPER-ATTIA Marie-Anne, ROBBIOLO Luc. « Etude de la déchloruration de dépôts de CuCl formés sur du cuivre en absence et en présence de benzotriazole (BTA) ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.215-322.

1995 MOUREY

MOUREY William. « Synthèse des essais sur les revêtements de protection des métaux (1986-1995) ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 225-227.

1993 MOUREY

MOUREY William. « Essais comparatifs de vernis utilisés en conservation et restauration des métaux ». *ICOM committee for conservation, 10th triennial meeting, Washington DC, 22-27 August 1993, Preprints volume II*. p. 779-785.

1987 MOUREY

MOUREY William. « Etude comparée de la résistance à diverses formes de corrosion des revêtements protecteurs utilisés en conservation des métaux ». *ICOM committee for conservation, 8th triennial meeting, Sydney, 1987, Preprints volume II*. p. 1087-1091.

1993 RÖMICH

RÖMICH Hannelore. « New conservation methods for outdoor bronze sculptures ». *European cultural heritage newsletter on research*, 1993, vol. 7, no. 1-4, p. 61-64.

1999 SEMBRAT

SEMBRAT Joseph Jr. « The use of a thermally applied wax coating on a large-scale

outdoor bronze monument ». *ICOM committee for conservation, 12th triennial meeting, Lyon, 29 August-3 September 1999, Preprints volume II*. p. 840-844.

Effets des polluants

1999 CITEPA

Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA). *Emissions dans l'air en France*.
<http://www.citepa.org>

1995 NAIRN

NAIRN J., FITZGERALD K., ATRENS A. « Atmospheric corrosion of copper ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 86-88.

1997 PHILIPPON

PHILIPPON Jacques. *L'environnement des œuvres d'art*.
<http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/cours/philippo.htm>

1996 SELWYN

SELWYN Lyndsie *et al.* « Outdoor bronze statues: analysis of metal and surface samples ». *Studies in conservation*, 1996, vol. 41, no. 4, p. 205-228.

1995 STRANDBERG

STRANDBERG Helena, JOHANSSON L. « The effect of air pollutants on cultural objects. Laboratory investigations ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 83-85.

1991 WEAVER

WEAVER Martin. « Acid rain and air pollution vs. the buildings and outdoor sculptures of Montreal ». *APT Bulletin*, 1991, vol. 23, no. 4, p. 13-19.

Nouvelles technologies, méthodes innovantes

1995 BARTOLINI

BARTOLINI M. *et al.* « Non-destructive tests for the control of ancient metallic artifacts ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 43-49.

1998 BORRÓS

BORRÓS S. *et al.* « Application of cold plasma for the restoration of calcographic plates ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLO Luc. Éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.202-205.

1995 DUSSRE

DUSSRE F. « Peut-on concevoir le plasma comme un traitement de masse ? ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLO Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 138-146.

1998 EL SHAER

EL SHAER M., WÜTTMANN M. « Effect of hydrogen plasma on chloride content in corroded copper samples ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals*

conservation. MOUREY William, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.206-208.

1998 FERRETTI

FERRETTI M., MOIOLI P. « The use of portable XRF systems for preliminary compositional surveys on large bronze objects: a critical review after some years' experience ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p. 39-44.

1995 GRIMALDI

GRIMALDI G. *et al.* « Protection cathodique d'objets en bronze - Possibilités et limitations ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 256-258.

1998 HAVLÍNOVÁ

HAVLÍNOVÁ Alena, PERLÍK Dusan, SANKOT Pavel. « Integration of hydrogen plasma into the traditional conservation process of metal ». *Metal 98 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MOUREY William, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1998. p.209-214.

1990 MOUREY

MOUREY William. « La protection des grosses pièces métalliques par création d'un couple galvanique, avenir ou utopie ? ». *ICOM committee for conservation, 9th triennial meeting, Dresden, 26-31 August 1990, Preprints volume II*. p. 745-747.

1995 OUAHMAN

OUAHMAN R. *et al.* « Application de la microscopie acoustique à l'étude des produits de corrosion du fer archéologique ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 50-54.

Conservation préventive, suivi, maintenance

1996 HUGHES

HUGHES Janet. « Prevention of conservation problems of outdoor sculpture - The importance of the commissioning documentation ». *ICOM committee for conservation, 11th triennial meeting, Edinburgh, 1-6 September 1996, Preprints volume II*. p 876-883.

1991 MANGIO

MANGIO Regina, ROSVALL Jan. « Uniting forces for promotion of cultural heritage: interdisciplinary cooperation based in Göteborg ». *APT Bulletin*, 1991, vol. 23, no. 4, p. 4-7.

1995 PENNEC

PENNEC Stéphane. « La conservation-restauration du patrimoine métallique - Quelques réflexions ». *Metal 95 - Proceedings of the international conference on metals conservation*. MACLEOD Ian, PENNEC Stéphane, ROBBIOLA Luc éditeurs. London : James & James (Science publishers) Ltd, 1997. p. 3-5.

Interventions sur les œuvres

1993 MERK-GOULD

MERK-GOULD Linda, HERSKOVITZ Robert, WILSON Cameron. « Field Tests on removing corrosion from outdoor bronze sculptures using medium pressure water ». *ICOM committee for conservation, 10th triennial meeting, Washington DC, 22-27 August 1993, Preprints volume II*. p. 772-778.

1991 VELOZ

VELOZ Nicolas. « Practical aspects of using walnut shells for cleaning outdoor sculpture ». *APT Bulletin*, 1991, vol. 25, no. 3-4, p. 70-76.

Restaurations (hors dossiers)

[Non daté] CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE

CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE. *La restauration du Persée. Les technologies au service de l'humanisme*. Non daté. 16 p.

2000 PARISI PRESICCE

PARISI PRESICCE Claudio. *La lupa capitolina*. Milan : Elemond Editori Associati, 2000. 119 p.

1990 PARISI PRESICCE

PARISI PRESICCE Claudio. *Il Marco Aurelio in Campidoglio*. Milan : Amilcare Pizzi Editore, 1990. 118 p.

1990 SCARFI

SCARFI Bianca Maria *et al.* *Le lion de Venise*. Venise : Albrizzi Editore, 1990. 236 p.

1996 STURMAN

STURMAN Shelley, UNRUH Julie, SPANDE Helen. *Maintenance of outdoor sculpture. An annotated bibliography*. Washington DC : National institute for the conservation of cultural property, 1996. 70 p.

Dossiers de restauration, études et analyses

[A paraître] AMARGER

AMARGER Antoine. *Les Bourgeois de Calais*, par Auguste Rodin. Calais. A paraître.

1995 AMARGER

AMARGER Antoine. *Simon Bolívar*, par Emmanuel Fremiet. Cours-la-Reine, Paris. 1995. Disponible à la Ville de Paris.

1994 AMARGER

AMARGER Antoine. *Monument aux volontaires américains*, par Jean Boucher. Place des Etats-Unis, Paris. 1994. Disponible à la Ville de Paris.

1993 AMARGER

AMARGER Antoine. *Captifs et Trophées de la place des Victoires*, par Martin van den Bogaert (dit Desjardins). Paris, musée du Louvre. 1993. Disponible à la conservation du musée du Louvre, RF 4407-4432.

1993 AMARGER

AMARGER Antoine. *Joseph Agricol Viala (dit Jeune marin mourant)*, par A. Allier. Boulogne-sur-mer. 1993. Disponible à la Ville de Paris.

1990 AMARGER

AMARGER Antoine. *Napoléon*, par Lorenzo BARTOLINI. Paris, musée du Louvre. 1990. Disponible à la conservation du musée du Louvre, MR 3327.

1989 AUSSET

AUSSET Patrick, PHILIPPON Jacques, AMARGER Antoine, DUBOS J. « Restauration du groupe en bronze de J. Dalou, le Triomphe de la République, place de la nation à Paris ». *Journées sur la conservation restauration des biens culturels. Traitement des supports. Travaux interdisciplinaires*, 1989. p.101-109.

1992 COUBERTIN

Fonderie COUBERTIN. *Monument au maréchal Moncey*, par Amédée Donatien Doublemard. Paris, Place Clichy. 1992. Disponible à la Ville de Paris.

1993 C2RMF

C2RMF. Analyse des produits d'altération sur des statues du *Pont Alexandre III*. Disponible au C2RMF, Carrousel, n° 21403.

1989 C2RMF

C2RMF. Analyse des produits d'altération sur *Balzac* (Paris, musée Rodin), *La Défense*, *Ugolin*, *Le Penseur* (Paris), *Les bourgeois de Calais* (Paris) et *Le Penseur* (Meudon), par Auguste Rodin. Disponible au C2RMF, Carrousel, n° 19352 à 19357.

1988 DALL'AVA

DALL'AVA Fabienne. *Scène de bataille*, par Leduc. Caen, Musée du Mémorial. 1988. Disponible au C2RMF, Versailles, n°921.

1999 IMBERT

IMBERT Nicolas. *Monument à Georges Courteline*, par F. Benneteau. Square Courteline, Paris. 1999. Disponible à la Ville de Paris.

1997 IMBERT

IMBERT Nicolas. *Monument à Clovis Hugues*, anonyme. Parc des Buttes Chaumont, Paris. 1997. Disponible à la Ville de Paris.

1997 LP3 Conservation

LP3 Conservation. *Monument à Alexandre Dumas*, par Gustave Doré. Place du général Cartroux, Paris. 1997. Disponible à la Ville de Paris.

1992 MEYOHAS

MEYOHAS M.-E., AMARGER Antoine, DALL'AVA Fabienne, FAUNIERES Dominique. *Balzac*, par Auguste Rodin. Paris (musée Rodin). 1992. Disponible à la conservation du musée du Louvre, dossier « bronze ».

1992 MEYOHAS

MEYOHAS M.-E. *Niobide blessée* par Camille Claudel. Poitiers, Musée Sainte-Croix. 1992. Disponible au C2RMF, Versailles, n°210.

1998 MEYOHAS

MEYOHAS M.-E. *Eve*, par Auguste Rodin. Guéret. 1992. Disponible au C2RMF, Versailles, n°940.

1998 PENCEER-LONGHURST

PENCEER-LONGHURST Paul, NAYLOR Andrew. « Nost's Equestrian George I restored ». *The sculpture Journal*, 1998, II. London : TRISTEAD M., BARNES J., OARKE J., The public monuments and sculpture association, 1998.

1984 SASSENUM

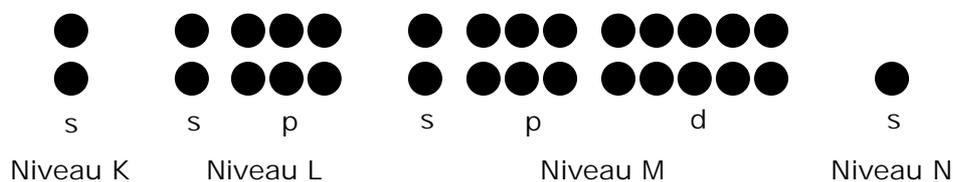
Ateliers d'art SASSENUM. *La liberté éclairant le monde*, par Frédéric Auguste Bartholdi. Ile aux cygnes, Paris. 1984. Disponible à la Ville de Paris.

ANNEXES

Numéro	Titre
Annexe 1	Structure de l'élément cuivre
Annexe 2	Composition de l'air
Annexe 3	Emissions de polluants dans l'air
Annexe 4	Comparaison de différents revêtements (1) (1987)
Annexe 5	Comparaison de différents revêtements (2) (1993)
Annexe 6	Comparaison de revêtements bi-couche (3) (1993)
Annexe 7	Synthèse des tests (1995)
Annexe 8	Principaux chiffres fournis par SOS!
Annexe 9	Fiche d'œuvre du projet SOS!
Annexe 10	Résolution de la chambre de Georgie
Annexe 11	Rubriques du projet allemand
Annexe 12	Fiche « photo » du projet SOS!

ANNEXE 1 : STRUCTURE DE L'ÉLÉMENT CUIVRE

De numéro atomique $Z=29$, l'élément cuivre (Cu) possède la structure électronique suivante :



Les trois premiers niveaux sont donc complets ; en revanche, le vingt-neuvième électron occupe seul l'orbitale 4s du quatrième niveau K. Cet électron isolé aura tendance à être arraché.

L'ion Cu^+ résultant de cet arrachement n'est pas stable et il médiamute spontanément en cuivre Cu ou en ion Cu^{2+} selon la formule générale :



ANNEXE 2 : COMPOSITION DE L'AIR

Le tableau ci-dessous fournit la composition moyenne normale de l'air (en pourcentage du volume total) :

Azote	78,09 %
Oxygène	20,94 %
Argon	0,93 %
Gaz carbonique	0,03 %
Néon	0,0018 %
Hélium	0,0005 %
Méthane	0,0001 %
Monoxyde d'azote	0,0005 %
Xénon	0,00008 %
Hydrogène	0,00005 %
Bioxyde d'azote	0,000002 %
Ozone	Traces

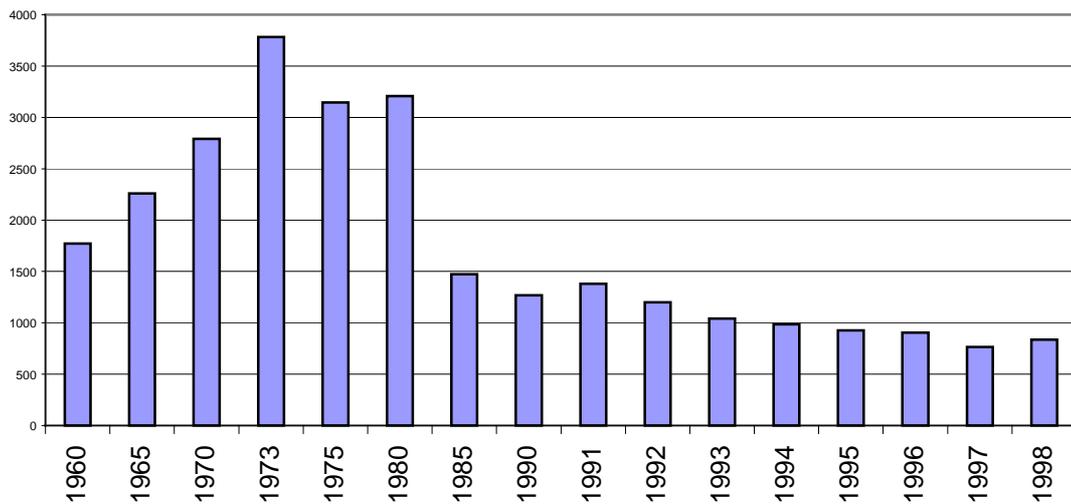
Source : PHILIPPON Jacques. *L'environnement des œuvres d'art*.

ANNEXE 3 : EMISSION DE POLLUANTS DANS L'AIR

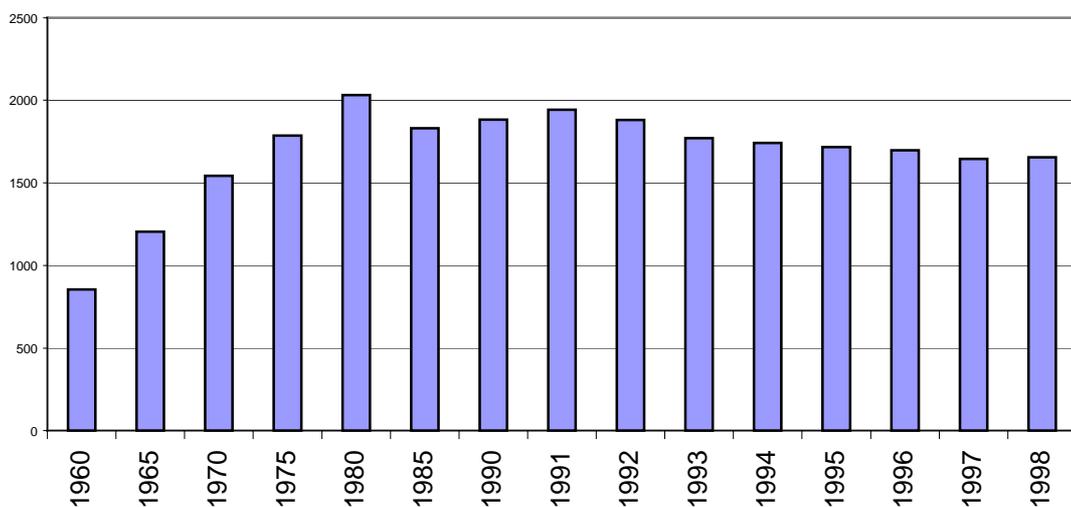
Les chiffres suivants fournissent, en kilotonnes par an, les émissions de polluants dans l'air en France métropolitaine. Les substances et indicateurs suivis sont : SO₂, NO_x, NH₃, l'indicateur acide équivalent (Aeq), COV et CO.

Dioxyde de Soufre SO₂ (en kilotonnes / an)

1960	1965	1970	1973	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1773	2260	2792	3783	3145	3208	1473	1269	1379	1201	1040	985	926	905	764	837

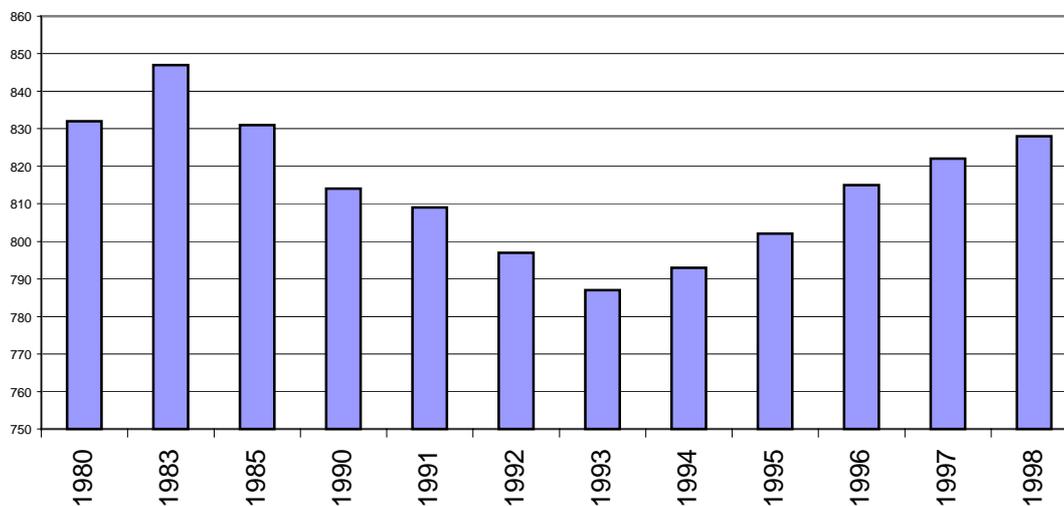
Oxydes d'azote NO_x (en kilotonnes / an)

1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
855	1204	1543	1786	2032	1830	1882	1943	1881	1770	1741	1716	1697	1645	1654



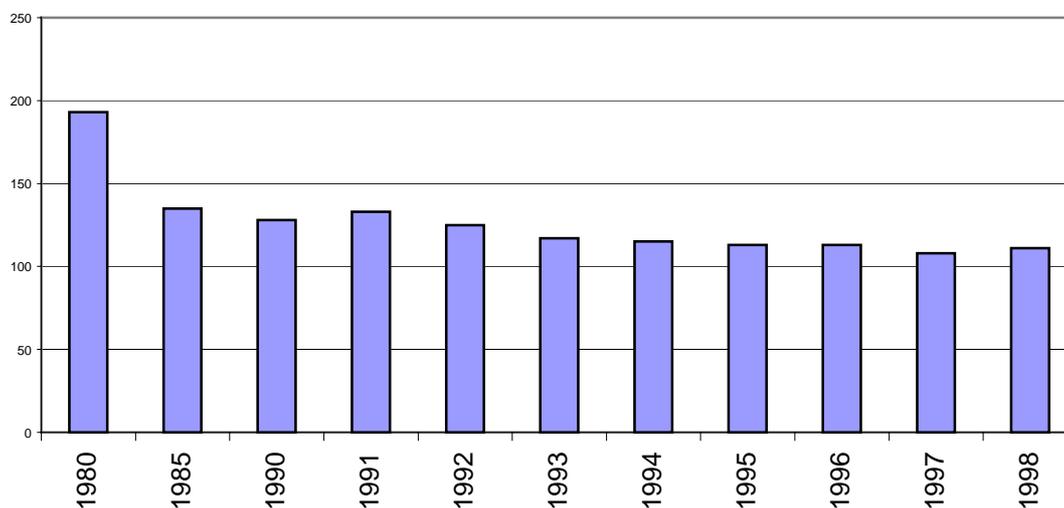
Ammoniac NH₃ (en kilotonnes / an)

1980	1983	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
832	847	831	814	809	797	787	793	802	815	822	828



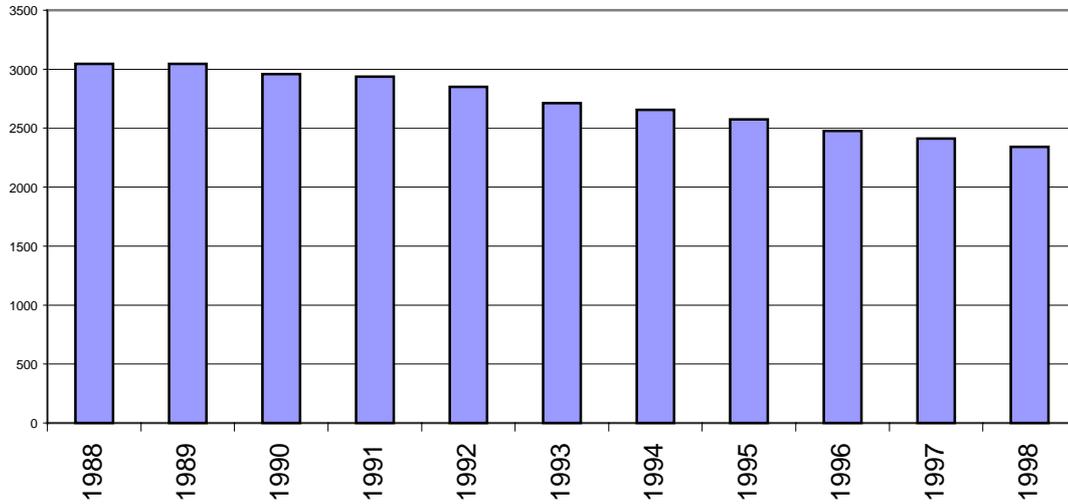
Indicateur acide équivalent (Aeq) (en kilotonnes / an)

1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
193	135	128	133	125	117	115	113	113	108	111

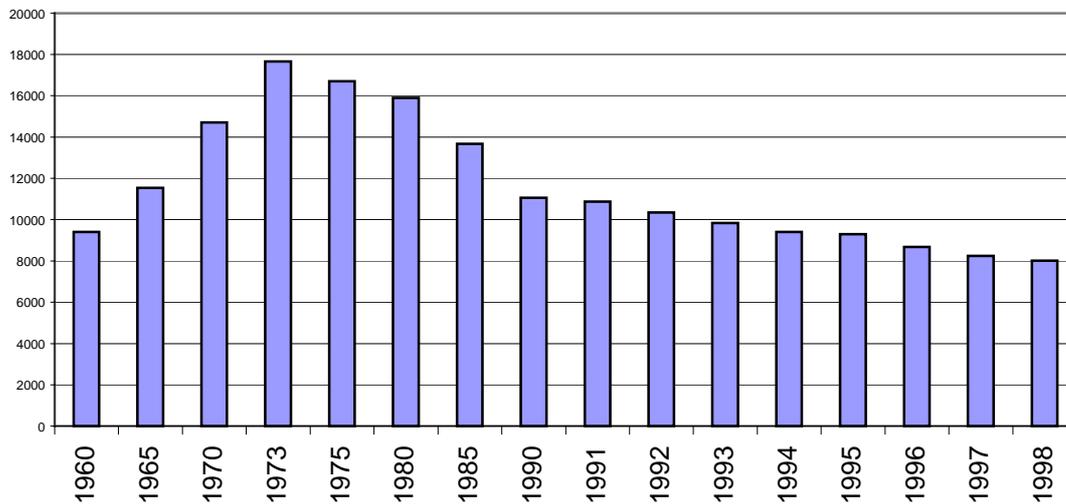


Composés Organiques Volatils COV (en kilotonnes / an)

1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
3044	3045	2957	2936	2850	2713	2656	2574	2475	2410	2341

**Monoxyde de carbone CO (en kilotonnes / an)**

1960	1965	1970	1973	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
9392	11530	14700	17670	16708	15894	13671	11054	10864	10342	9827	9393	9290	8685	8246	8013



Source : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA). *Emissions dans l'air en France*. Données mises à jour le 15 décembre 1999.

ANNEXE 4 : COMPARAISON DES REVETEMENTS (1) (1987)

Nous avons tenté, au moyen d'une présentation en tableau, de donner une vue synthétique de l'article de M. MOUREY.

Produits	Brouillard salin 1	Brouillard salin 2	UV	UV et chambre humide	Chocs thermiques durs	Chocs thermiques doux
Synocryll	Surface corrodée inférieure à 15%	Corrosion à 50%	Légèrement plus mat ou plus foncé	Matifié et piqûres	Aucune modification	Aucune modification
Paraloid B 48 N	Complètement noirci	Complètement oxydé		Matifié et piqûres	Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Rhodopas M	Surface corrodée inférieure à 15%	Complètement oxydé	Légèrement plus mat ou plus foncé	Aucune modification	Pas de modification	Aucune modification
Sicomet brillant	Devenu totalement noir	Complètement oxydé	Légèrement plus mat ou plus foncé	Noirci	Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Paraloid B 72	Devenu totalement noir	Corrosion à 50%	Légèrement plus mat ou plus foncé	Aucune modification	Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Incralac	Surface corrodée inférieure à 15%. S'est partiellement coloré en noir	Complètement oxydé	Légèrement plus mat ou plus foncé		Aucune modification	Aucune modification
Pentarol	S'est détaché du support	Complètement oxydé			Pas de changement	Aucune modification
Cire animale jaune			Matifié et piqûres		Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Cire animale jaune	Aussi oxydé que le témoin	Complètement oxydé			Plus attaqué que le témoin	Corrosion par piqûre
Cire minérale blanche	Plus oxydé que le témoin	Complètement oxydé	Légèrement plus mat ou plus foncé	Aucune modification	Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Paraffine	Plus oxydé que le témoin	Complètement oxydé	Aucune modification	Aucune modification	Pas de modification	Aucune modification
Cire micro cristalline		Corrosion à 50%	Matifié et piqûres		Noirci et attaqué par piqûres	Aucune modification
Blackor	Aussi oxydé que le témoin	Complètement oxydé	Légèrement plus mat ou plus foncé		Pas de modification	Aucune modification
Témoin	Très oxydé	Complètement oxydé	Très oxydé			

Source : MOUREY William. *Etude comparée de la résistance à diverses formes de corrosion des revêtements protecteurs utilisés en conservation des métaux.*

ANNEXE 5 : COMPARAISON DES REVETEMENTS (2) (1993)

Nom	Type	Choc Thermique	Brouillards Salins	UV	CO ₂	SO ₂
Synocryll	Acrylique	1	4	2	3	5
Paraloïd B48 N	Acrylique	4	5	4	3	2
Paraloïd B 72	Acrylique	4	5	2	3	3
Incralac	Acrylique	4	4	2	3	5
Pentarol 1000	Acrylique	4	5	4	3	5
Rhodopas M	Acétate de polyvinyle	4	1	2	4	5
Blackor	Inconnu	4	5	2	3	5
Sicomet brillant	Acrylique	4	5	2	3	3
Sicomet mat	Acrylique	2	5	2	2	5
Paraffine	Paraffine	4	5	1	3	5
Cire minérale blanche	Céride	4	5	2	3	5
Cire animale jaune	Céride	5	5	4	3	5
Cire micro cristalline	Céride	2	5	3	4	5
CE 1170	Acrylique	2	2	1	2	3
Vinamul	Acétate de polyvinyle	5	5	5	5	5
Plexigum N80	Acrylique	1	5	2	3	5
Plexigum 380	Acrylique	1	5	2	4	5
Plexigum 74	Acrylique	5	5	5	5	5
Plexigum 75	Acrylique	1	5	2	2	5
Plexigum 5484	Acrylique	1	5	2	1	5
Pioloform BL80	Acétate de butyrale	1	4	2	1	5
Pioloform BM80	Acétate de butyrale	1	4	2	2	5
Témoin		4	5	4	5	5

1=très bon ; 2=bon ; 3=moyen ; 4=mauvais ; 5=très mauvais

Source : MOUREY William. *Essais comparatifs de vernis utilisés en conservation et restauration des métaux.*

ANNEXE 6 : COMPARAISON DES REVETEMENTS (3) (1993)

Le tableau présente les résultats obtenus au moyen de revêtements bi-couche.

Produits	Note
Paraloïd B48N + cire minérale blanche	4
Paraloïd B48N + paraffine	3
Paraloïd B72 + cire minérale blanche	4
Paraloïd B72 + paraffine	5
Incralac + paraffine	1
Inralac + cire minérale blanche	1
Rhodopas M + paraffine	1
Rhodopas M + cire minérale blanche	1
Sicomet brillant + paraffine	3
Sicomet brillant + cire minérale blanche	2
Synocryll + paraffine	2
Synocryll + cire minérale blanche	2

1=très bon - 2=bon - 3=moyen - 4=mauvais - 5=très mauvais

Source : MOUREY William. *Essais comparatifs de vernis utilisés en conservation et restauration des métaux.*

ANNEXE 7 : SYNTHÈSE DES TESTS (1995)

Nous présentons ici, sous forme de tableau, les produits qui ont donné les meilleurs résultats pour le cuivre.

Revêtement mono-couche

Milieu salin	Rhodopas M
Milieu sulfureux	Paraloïd B48N
Milieu carbonique	Plexigum P675 et 5489L
Chocs thermiques	Synocrill Plexigum N80, 380, P675 et 5489L Pioloform BL18 et BM18
Rayonnement ultraviolet	Paraffine CE1170

Revêtement bi-couche

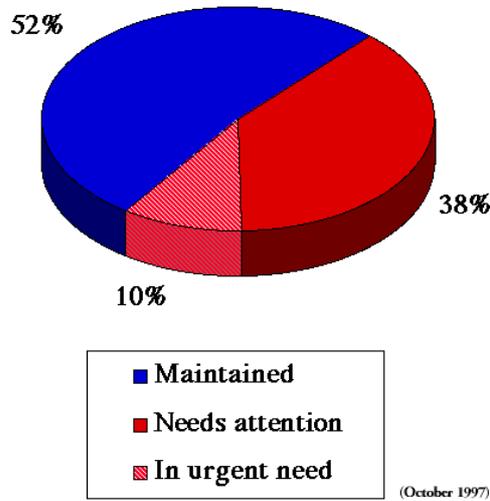
Milieu salin	Rhodopas M + cire minérale blanche Rhodopas M + paraffine Incralac + cire minérale blanche
Milieu sulfureux	Incralac + cire antique
Milieu carbonique	Incralac + cire antique
Chocs thermiques	Tous
Rayonnement ultraviolet	Tous

Source : MOUREY William. *Synthèse des essais sur les revêtements de protection des métaux (1986-1995)*.

NB : Comme le précise M. Mourey p. 227, la « cire antique » correspond à de la cire d'abeille additionnée d'essence de térébenthine et d'un colorant. Nous constatons que cette cire était appelée « cire minérale blanche » dans l'article de 1993.

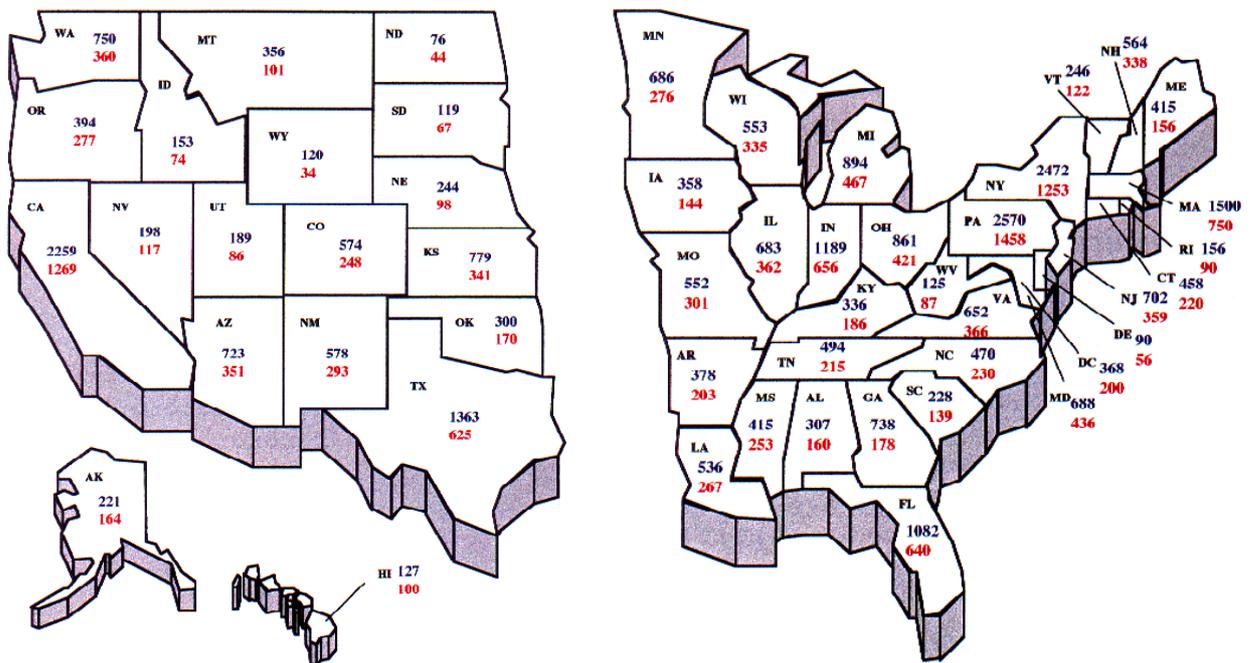
ANNEXE 8 : PRINCIPAUX CHIFFRES FOURNIS PAR SOS!

Synthèse de l'état de conservation des sculptures américaines

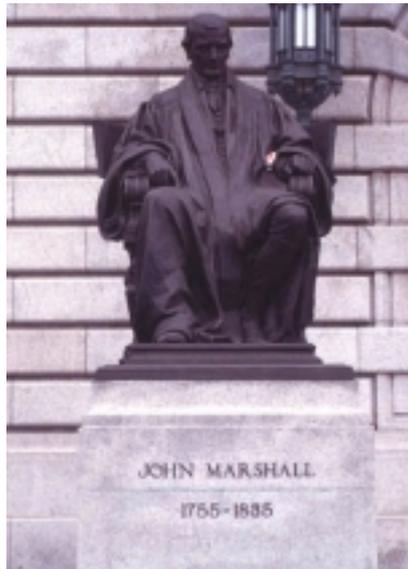


Source : site internet du projet SOS!
<http://www.heritagepreservation.org/nic/htdocs/sos/sos2000/selfguide/pie2.html>

Répartition et état de conservation des sculptures par état



ANNEXE 9 : FICHE D'ŒUVRE DU PROJET SOS!



ARTIST(S) Name: **Adams, Herbert**
 Birth: **1858**
 Death: **1945**
 Role: **Sculptor**

TITLE(S) **John Marshall**

DATES Creation: **1912**
 Installation: unknown
 Dedication: unknown

DESCRIPTION

Herbert Adams
John Marshall

MEDIA

	General	Specific
Sculpture	Metal	Bronze
Base	Stone	

DIMENSIONS

	Height	Width	Depth	Diameter
Sculpture	7 ft	6 ft	9 ft	-
Base	9 ft	6 ft	9 ft	-

SUBJECT

Primary	Secondary	Tertiary
Occupation	Judge	Marshall, John
Occupation	Political	chief justice
Portrait Male	Marshall, John	chief justice

DESCRIPTION

This is an oversized figure of John Marshall, third Chief Justice of the United States Supreme Court. The figure is seated, and his PL leg is slightly retracted from his PR.

OWNER / LOCATION / FUNDING

Herbert Adams

John Marshall

OWNER Owner: **Cuyahoga County Courthouse, Ohio
Department of Central Services
Charles Building, 208 St. Clair Avenue., NW
Cleveland, OH 44113-
Cuyahoga County**

LOCATION Type: **Courthouse**
Location: **Cuyahoga County Courthouse
Department of Central Services
1 Lakeside Avenue
Cleveland, OH
Cuyahoga County**
Site: **the North side of the front steps**

FUNDING *Funding information not on
file*

FABRICATION / FOUNDRY**Herbert Adams
John Marshall**

**FABRICATOR OR
FOUNDRY** Founders Mark: **Undetermined**
Name: **Gorham Co. - New York City, NY**

SIGNATURE Signed: **undetermined**

INSCRIPTION **Herbert Adams Sculptor-MCMXII/Gorham Co. New York**
Location: **on sculpture**

John Marshall/1755-1836
Location: **on the base in bronze**

CONDITION / CONSERVATION**Herbert Adams
John Marshall**

**CONDITION
ASSESSMENT** **Well Maintained**

ENVIRONMENT General Vicinity: **Urban/Metro**

- Industrial
- Street/Roadside
- Tree Cover
- Airport
- Train/Subway Station
- Protected from the elements?
- Protected from the public?
- Other

Notes: **near parking lot for courthouse**

COATING Coated: **No**

CONDITION

	Sculpture	Base
Exposed/Unstable Armature/Internal Support:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Structural Instability:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Broken or Missing Parts:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bird Guano:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Black Crusts:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
White Crusts:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Etched/Pitted/Eroded Surface:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Metallic Staining:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organic Growth:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Chalky/Powdery:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Granular/Sugary Eroding:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spalling or Sloughing:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Water Collected in Recessed Areas:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Graffiti:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cracks, Splits, Holes:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CONSERVATION
HISTORY**

Treatment: **was cleaned and conserved when the courthouse was restored in 1998**

ADDITIONAL INFORMATION

Herbert Adams
John Marshall

BIBLIOGRAPHY

Bibliographic information not on file.

**DOCUMENTATION
SOURCE**

Name: **Ohio Outdoor Sculpture Inventory**
Date:

ANNEXE 10 : RESOLUTION DE LA CHAMBRE DE GEORGIE

Georgia House of Representatives - 1995/1996 Sessions
HR 48 - Georgia Save Outdoor Sculpture; commend - LC 15 3989
1/10/95 Read 1st Time - 1/10/95 Passed/Adopted

A RESOLUTION

- 1- 1 Commending Georgia Save Outdoor Sculpture; and for other
1- 2 purposes.
1- 3 WHEREAS, Georgia Save Outdoor Sculpture is a special project
1- 4 coordinated by the School of Environmental Design at the
1- 5 University of Georgia as part of a nation-wide effort to
1- 6 inventory and preserve outdoor sculpture; and
1- 7 WHEREAS, outdoor sculpture provides a visible record of the
1- 8 history of the state and contributes to understanding the
1- 9 artistic and cultural heritage of Georgians; and
1-10 WHEREAS, outdoor sculpture beautifies Georgia's public
1-11 spaces and fascinates and engages visitors and citizens
1-12 alike; and
1-13 WHEREAS, much of the outdoor sculpture in Georgia is in
1-14 jeopardy due to neglect, pollution, and vandalism and the
1-15 public needs to be made aware of the need to care for these
1-16 unique art forms; and
1-17 WHEREAS, Georgia Save Outdoor Sculpture is committed to
1-18 increasing the public's awareness of outdoor sculpture in
1-19 Georgia and involving community volunteers throughout the
1-20 state in recording the appearance, history, and condition of
1-21 these special art forms; and
1-22 WHEREAS, the dedication and diligence of the staff of
1-23 Georgia Save Outdoor Sculpture in protecting and preserving
1-24 this important source of community pride deserves
1-25 recognition and support.
1-26 NOW, THEREFORE, BE IT RESOLVED BY THE HOUSE OF
1-27 REPRESENTATIVES that the members of this body recognize and
1-28 commend Georgia Save Outdoor Sculpture for promoting public
1-29 appreciation and preservation of the outdoor art existing in
1-30 communities throughout the state and urge all citizens to
1-31 support efforts to provide professional care for the outdoor
1-32 sculptures of their communities.
1-33 BE IT FURTHER RESOLVED that the Clerk of the House of
1-34 Representatives is authorized and directed to transmit an
1-35 appropriate copy of this resolution to Lisa D. Vogel,
- 2- 1 Director of Georgia Save Outdoor Sculpture, School of
2- 2 Environmental Design, University of Georgia.

ANNEXE 11 : RUBRIQUES DU PROJET ALLEMAND

Les différentes rubriques et sous-rubriques de la base de données principale du projet allemand sont

1. Description
2. Type
3. Location
4. Date
5. Artist
6. Foundry
7. Owner
8. Dimension / Weight
9. Material
10. Location / Surrounding
11. Description
 - a. Overall Memorial Site
 - b. Bronze Object
12. Inscriptions
13. Production
14. Pedestal
 - a. Date
 - b. Dimensions
 - c. Material
 - d. Description
 - e. Condition
 - f. Miscellaneous
15. History of the object
 - a. Initiator
 - b. History
 - c. Restoration Work / Repairs
16. Assessment of the Need for Restoration
 - a. Damage which has been recorded
 - i. Surface
 1. General Assessment
 2. Punctual Damage
 - b. Statics
 - c. Estimation of Urgency
 - d. Causes of Damage
 - e. Measures – Recommendations
 - i. Immediate Measures
 - ii. Restoration / Conservation concept
 - iii. After–Treatment / Maintenance Measures to be Taken after Restoration
17. Illustrations
18. Sources
19. Address
20. Miscellaneous

ANNEXE 12 : FICHE « PHOTO » DU PROJET SOS!

Visual Release Authorization for SOS!

Save Outdoor Sculpture!, a private/public initiative to document and increase public awareness of America's precious legacy, is actively administering the largest cultural volunteer project ever launched to save these cultural resources from gradual destruction. Save Outdoor Sculpture! offers an effective means for cataloging the nation's outdoor sculpture and for making Americans responsible stewards of their legacy.

Permission is requested to reproduce all images submitted with this application (including images taken before, during, and after treatment) for educational and nonprofit purposes. The image will be used in general print media and/or Internet formats in conjunction with the Save Outdoor Sculpture! project. This permission covers multiple uses.

The Image

Slide Photograph: B&W color

Description: _____

Photographer: _____

Image Copyright Held by (if known): _____

The Work

Title of work: _____

Artist: _____ Date of creation/installation: _____

Location (site/city/state): _____

Medium: _____

Copyright Held by (if known): _____

The Owner

Name of Institution/Owner: _____

Address: _____

City: _____ State: _____ Zip + 4: _____

Telephone: _____ FAX: _____ E-mail: _____

Contact Person: _____

The Credit

Photographer: _____

Credit line: _____

Note: If we are limited on space, we may have to remove the medium from the credit line and/or site.

Persons shown (if any)

name: _____

name: _____

Caption (if any)

Your Permission

Signature: _____ Date: _____

Organization: _____

Address: _____

City: _____ State: _____ Zip + 4: _____

Telephone: _____ FAX: _____ E-mail: _____

Please keep a copy for your records, fax to SOS! as soon as possible, and mail original to SOS! We deeply appreciate your assistance in helping us to celebrate our cultural heritage.

Rose Stapp, SOS! Program Assistant
(202) 634-1422 or (888) 767-7285
fax (202) 634-1435
e-mail: rstapp@heritagepreservation.org

Save Outdoor Sculpture! (SOS!)
Heritage Preservation
1730 K Street, NW, Suite 566
Washington, DC 20006-3836

ILLUSTRATIONS – PLANCHE 1

Différence de couleur au niveau des orteils :



LANDOWSKI Paul (1875-1961)
Les fils de Cain (détail)
Bronze, 1906. H 2,55 x L 3,10 x Pr. 1,55
Cour Napoléon, puis Jardin des Tuileries depuis 1985

Différence de couleurs entre les zones lessivées et les zones protégées :



CARLES Antonin (1851-1919)
Retour de chasse (détail)
Bronze, 1888. H 2,50 x L 1,50 x Pr. 1,35
Jardin des Tuileries depuis 1890

ILLUSTRATIONS – PLANCHE 2

Œuvres isolées ayant été victimes d'actes de vandalisme :



MAILLOL, Aristide (1861-1944)
Nuit
Bronze, 1909. H 1,10 x L 0,60 x Pr. 1,05
Jardin du Carrousel depuis 1964



MAILLOL, Aristide (1861-1944)
Méditerranée
Bronze, 1905. H 1,10 x L 0,78 x Pr. 1,16
Jardin du Carrousel depuis 1965



MAILLOL, Aristide (1861-1944)
Ile-de-France (détail)
Bronze. H 1,65 x L 0,48 x Pr. 0,59
Jardin du Carrousel depuis 1964



MAILLOL, Aristide (1861-1944)
L'Action enchaînée (détail)
Bronze, avant 1940. H 2,12 x L 0,71 x Pr. 0,96
Jardin du Carrousel depuis 1964

ILLUSTRATIONS – PLANCHE 3



DIETMAN Erik (1937-)
L'ami de personne (détail)
Bronze, 1999
Jardin des Tuileries depuis 2000



BOURGEOIS Louise (1911-)
The welcoming hands (détail)
Bronze, 1996
Jardin des Tuileries depuis 2000



DEZEUZE Daniel (1942-)
Confidence (détail)
Bronze, 2000
Jardin des Tuileries depuis 2000

MOTS-CLEFS

Français	English	Italiano
Bronze	Bronze	Bronzo
Conservation	Conservation	Conservazione
Corrosion	Corrosion	Corrosione
Cuivre	Copper	Rame
Plein air	Outdoor(s)	Al di fuori, esterno
Restauration	Restoration	Restauro
Sculpture	Sculpture	Scultura

RESUME

Les sculptures en bronze conservées à l'extérieur subissent deux types de modifications : des altérations dues à un environnement agressif et des dégradations dues à l'homme. Les altérations, qui touchent la surface de l'œuvre comme son intérieur, sont dues à des facteurs conjugués : climat, pollution, exposition, etc. Des modèles ont été proposés pour expliquer les processus de corrosion.

Les interventions de restauration se déroulent en quatre phases : examen et analyse, nettoyage, remplacement éventuel de l'armature et application d'un ou plusieurs revêtements. Un examen visuel complété par une étude documentaire, et si possible par des analyses de laboratoire, permet de décider des interventions à effectuer. De nouvelles techniques fournissent désormais des informations supplémentaires. Le nettoyage est systématique, la méthode la plus pratiquée étant l'abrasion. Le nettoyage par plasma, très prometteur, est en cours d'expérimentation. Les problèmes liés à l'armature sont résolus le plus souvent par un remplacement. Après ces interventions, l'aspect de l'œuvre doit éventuellement être homogénéisé, soit à froid, soit à chaud au moyen d'une repatination complète ou locale. Le revêtement appliqué le plus fréquemment est la cire.

Des projets nationaux, régionaux ou locaux de grande envergure ont été mis en place ces dernières années ; ils incluent un suivi régulier des œuvres. Cette démarche nouvelle permet également d'effectuer des opérations de maintenance. Pour les œuvres contemporaines, une implication de l'artiste est souhaitable, de même qu'un suivi dès la première exposition.