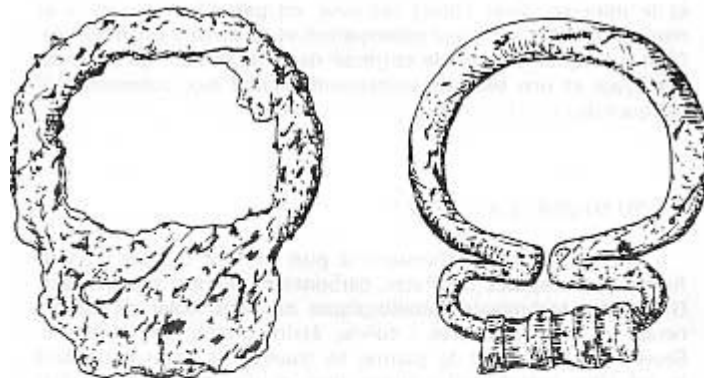


COMPOSITION, CONSERVATION ET RESTAURATION  
DES OBJETS MÉTALLIQUES



Bulletin d'information publié par l'Association pour le  
Développement de l'Archéologie en Languedoc-Roussillon  
C.D.A.R. — Mas Saint-Sauveur, Route de Pérols  
34970 LATTES

A la suite de fouilles archéologiques, les archéologues et les restaurateurs sont amenés à traiter et à conserver des objets de toute nature (pierre, bois, verre, métaux, os, ivoire, fibres végétales et animales, etc.). Etant donné la diversité et la spécificité des techniques à employer pour chaque matériaux, la plupart des objets sont envoyés dans des laboratoires de restauration dépendant des musées ou du C.N.R.S..

En ce qui concerne plus précisément les objets métalliques, l'état de corrosion est souvent avancé lors de leur découverte. Il convient donc de les manipuler avec beaucoup de soins car ils se présentent alors sous des aspects intermédiaires entre le métal et le minéral. Ainsi l'objet retrouvé est partiellement oxydé et minéralisé ; il a subi une déformation et sa densité est modifiée. C'est pourquoi une étude correcte ne sera possible qu'après un nettoyage et une série de traitements relatifs aux composés métalliques de l'objet.

## I.- DU MINÉRAI A L'OBJET

Les métaux se présentent le plus souvent dans le sol sous forme de composés : sulfates, carbonates, oxydes, silicates, etc.

Grâce aux techniques métallurgiques on peut isoler de ces minerais les métaux désirés : cuivre, étain, plomb, fer, zinc, etc.

Seuls l'or, l'argent et le platine se trouvent à l'état natif dans le sol (état métallique) souvent purs et directement utilisables après simple fusion. Le fer, l'étain, le plomb, le cuivre et le zinc nécessitent pour leur part un traitement métallurgique pour être employés à l'état métallique. Ces différents métaux peuvent ensuite être utilisés sous forme d'alliage ; par exemple le cuivre et l'étain qui permettent d'obtenir le bronze.

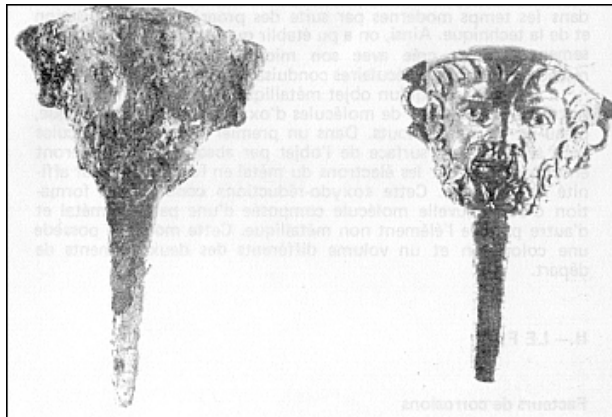


Fig.1 : Têtes en bronze (nettoyage manuel sous microscope binoculaire : scalpel et brosses en fibre de verre). Une épaisse oxydation rendait impossible l'étude des objets. La qualité de la patine a demandé un nettoyage attentif afin que les objets soient ensuite présentés dans un musée (échelle: 1).

Ces métaux et alliages ont permis dès l'antiquité de fabriquer une grande variété d'objets tels que des bijoux (or, argent, bronze, fer), des statuettes ou de la vaisselle (bronze), des armes et de l'outillage (fer). Ces objets, réalisés depuis plusieurs millénaires, ne possèdent plus à l'heure actuelle leur état initial. Des transformations d'ordre mécanique tels l'usure, la déformation ou le bris (naturel ou intentionnel) sont le résultat de l'emploi de l'objet par l'homme. Abandonnés par la suite, ils ont subi de la part du milieu ambiant une agression chimique lente mais irréversible.

## La corrosion des métaux : un processus électrochimique

Le mot "corrosion" évoque pour la plupart des personnes l'image de la "rouille" propre aux métaux ferreux, comme si, seul le fer était susceptible de présenter ce phénomène. En réalité, la corrosion est la cause générale de l'altération et de la destruction de la plupart des matériaux naturels ou fabriqués. Si cette force destructrice existe depuis toujours, on n'y a porté attention que dans les temps modernes par suite des progrès de la civilisation et de la technique. Ainsi, on a pu établir qu'au cours de son enfouissement, l'objet crée avec son micro-environnement tout un réseau d'échanges moléculaires conduisant à la corrosion du métal.

En effet lorsqu'un objet métallique est placé dans le sol, il se trouve en présence de molécules d'oxygène, de gaz carbonique, d'eau et de sels dissoutes. Dans un premier temps les molécules vont se fixer à la surface de l'objet par absorption. Elles seront ensuite captées par les électrons du métal en fonction de leur affinité électronique. Cette "oxydoréduction" conduit à la formation d'une nouvelle molécule composée d'une part du métal et d'autre part de l'élément non métallique. Cette molécule possède une coloration et un volume différents des deux éléments de départ.

## II.- LE FER

### Facteurs de corrosions

Le fer est tiré de divers minerais (magnétite, hématite, etc.) qui ont été transformés par des opérations de réduction. Ainsi, l'objet en fer, une fois abandonné à lui-même dans le sol ou à l'air, retourne plus ou moins rapidement, mais somme toute assez vite, à sa forme primitive, c'est-à-dire à sa forme d'oxyde. C'est pourquoi un objet en fer trouvé dans le sol se présente rarement en totalité sous l'aspect métallique. Il est plus ou moins oxydé, minéralisé. Toujours est-il que la corrosion se poursuit jusqu'à atteindre un certain seuil d'équilibre. Ce seuil d'équilibre peut intervenir à n'importe quel stade du processus de dégradation ; la tendance du métal à revenir à son état primitif d'oxyde est alors fortement diminuée. A ce stade de stabilisation, le fer se présente enveloppé d'un corps brun-roux, communément appelé "rouille". Celle-ci est en fait un mélange de nombreux composants tels que les hydroxydes ferreux et ferriques. Ces corps poursuivent ensuite leur oxydation pour donner la magnétite noire, puis l'hématite rouge. Au cours de cette oxydation, des chlorures et des oxychlorures de fer se forment sous l'action des sels dissous. De même certaines bactéries, réduisant les sulfates en sulfures, attaquent le fer et forment des sulfures de fer reconnaissables par les taches noires qu'ils laissent dans la terre environnant l'objet.

Ces diverses réactions s'effectuent suivant certains processus spécifiques aux différents facteurs cités précédemment. Ainsi la corrosion peut prendre la forme :

- d'une attaque uniformément répartie,
- de piqûres localisées en des sites préférentiels,
- d'une corrosion sélective dans le cas d'alliages (Fe + C ; Fe + Cu ; ...),
- d'une corrosion inter granulaire, localisée aux points de grains du métal conduisant à une perte de résistance et de ductilité, à des fissurations.

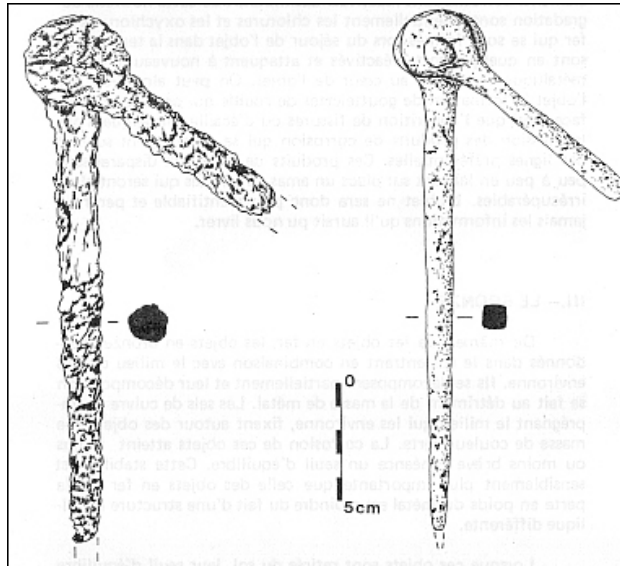


Fig.2 : Compas en fer (décapage mécanique : touret et meules abrasives). La restauration fait apparaître l'axe qui maintient les branches, que celles-ci ont une section carrée et que la branche de droite n'est pas cassée mais plus courte. Cette branche recevait une pointe à tracer (fusin).

### Reprise de la corrosion

Quand on extrait du sol un objet en fer, on observe dans la majorité des cas une reprise de la corrosion notamment sur les objets qui contiennent encore un noyau métallique. Le changement des conditions externes (apport d'oxygène et d'humidité) entraîne un bouleversement dans l'équilibre précédemment atteint et les éléments corrosifs sont réactivés. Les moteurs de cette nouvelle dégradation sont essentiellement les chlorures et les oxychlorures de fer qui se sont formés lors du séjour de l'objet dans la terre. Ils se sont en quelque sorte réactivés et attaquent à nouveau le noyau métallique resté sain au cœur de l'objet. On peut alors voir sur l'objet la formation de gouttelettes de rouille qui perlent à sa surface ainsi que l'apparition de fissures ou d'écaillures provoquées par la pression des produits de corrosion qui se développent suivant des lignes préférentielles. Ces produits de corrosion disparaissent peu à peu en laissant sur place un amas de miettes qui seront alors irrécupérables. L'objet ne sera donc plus identifiable et perdra à jamais les informations qu'il aurait pu nous livrer.

### III.- LE BRONZE

De même que les objets en fer, les objets en bronze abandonnés dans le sol entrent en combinaison avec le milieu qui les environne. Ils se décomposent partiellement et leur décomposition se fait au détriment de la masse de métal. Les sels de cuivre en imprégnant le milieu qui les environne, fixent autour des objets une masse de couleur verte. La corrosion de ces objets atteint à plus ou moins brève échéance un seuil d'équilibre. Cette stabilité est sensiblement plus importante que celle des objets en fer car la perte en poids du métal est moindre du fait d'une structure métallique différente.

Lorsque ces objets sont retirés du sol, leur seuil d'équilibre est souvent perturbé et la reprise de la corrosion se manifeste à la surface des objets par l'apparition de taches pulvérulentes de couleur vert clair.

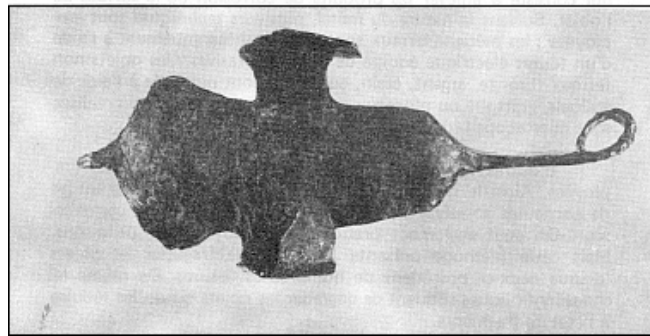
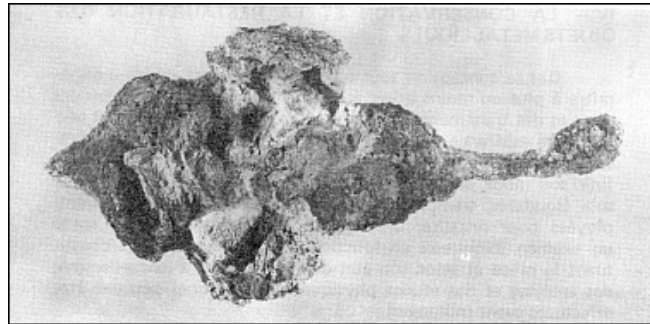


Fig.3 : Hipposandale en fer (décapage mécanique : sableuse et meulettes abrasives). Une importante concrétion calcaire mélangée à l'oxydation ne permettait pas d'observer la forme des pattes latérales ni l'épaisseur de l'objet (échelle ~1/2).

## **IV. - LA CONSERVATION ET LA RESTAURATION DES OBJETS MÉTALLIQUES**

Dès sa conception, tout objet métallique est appelé à disparaître à plus ou moins brève échéance. Une fois exhumé, seuls des soins et des traitements appropriés à son état lui accorderont une meilleure espérance de longévité. Il pourra ainsi être étudié et présenté comme document archéologique. Son étude permettra de définir son mode de fabrication, d'observer les traitements qu'il a subi (soudures, trempages ...). La méthode et les techniques employées pour restaurer un objet métallique sont choisies après un examen minutieux en fonction du ou des matériaux constituant la pièce et selon son état de conservation. Eventuellement, des analyses et des études physiques ou chimiques peuvent être effectuées avant traitement.

### **Élimination des produits de corrosion**

Le nettoyage peut s'effectuer par un décapage mécanique qui consiste à enlever les produits de corrosion de la surface de l'objet. Suivant la nature du métal, plusieurs techniques sont employées : les métaux ferreux sont décapés mécaniquement à l'aide d'un touret électrique équipé de meules abrasives ; les objets non ferreux (bronze, argent, étain, cuivre ...) sont nettoyés à l'aide de scalpels, grattoirs ou pinceaux en fibre de verre, opération réalisée sous microscope binoculaire.

D'autres techniques, plus sophistiquées, peuvent être employées. Ainsi le nettoyage par sablage consiste à projeter un jet de particules abrasives à l'aide d'un appareil relié à un compresseur. On peut également pratiquer le nettoyage par ultra-sons. Mais cette méthode présente le danger de fragiliser les objets lorsque ceux-ci possèdent de nombreuses fissures. De même les chocs hydrauliques risquent de dégrader les objets ou de les réduire à l'état de fragments.

D'autres traitements, comme les méthodes chimiques, électrochimiques ou électrolytiques, peuvent être appliqués. Mais ceux-ci peuvent avoir un résultat désastreux si le noyau métallique restant est faible ou même par endroit inexistant (les produits de corrosion ayant remplacé le métal). Il en résulte dans ce cas une diminution importante du volume de la pièce traitée, rendant la forme imprécise, parfois réduite à l'état de "dentelle".

Lorsque les objets possèdent un revêtement d'or, d'argent ou d'étain, ces méthodes sont à proscrire car elles entraînent la destruction de tous les produits de la corrosion provoquant une perte d'adhérence du placage qui se détache.

Enfin les objets en plomb sont nettoyés par des méthodes chimiques car un décapage mécanique dégagerait une poussière d'oxyde de plomb très dangereuse à respirer (maladie du saturnisme).

### **Élimination des chlorures**

Au cours de la corrosion il se forme des chlorures qui, situés au contact du noyau mécanique, sont responsables de l'activité corrodante. Il est donc indispensable des les éliminer afin de stopper le processus de dégradation du métal. Pour cela diverses méthodes sont appliquées en fonction du métal (trempage dans l'eau distillée, bain de sulfite alcalin, auto électrolyse, etc.).

### **Protection, restauration et stockage**

L'objet est protégé contre l'oxygène et l'humidité par un revêtement inhibiteur. Cette protection est renforcée par un second revêtement plus épais à base de vernis polyméthacrylates. Puis l'objet est recouvert d'une pellicule de cire d'abeille qui éliminera le passage des ultraviolets. La restauration ou la consolidation est généralement pratiquée à l'aide de résines synthétiques thermodurcissables (non réversibles) ou thermoplastiques (réversibles), renforcées si nécessaire par du tissu en fibre de verre. Cependant toutes les opérations de conservation ne permettent pas toujours de stabiliser les phénomènes de corrosion et il se peut que l'objet traité recommence à s'oxyder. Après traitement il est donc recommandé de surveiller régulièrement les objets, surtout pendant les premiers mois. En effet, c'est pendant cette période que la reprise de la corrosion est la plus forte.

Pour une bonne conservation des objets restaurés, il est avant tout recommandé de les manipuler le moins possible avec les doigts (notre peau contient des sels plus ou "moins acides"). Ils doivent être déposés dans un sac de polyéthylène contenant du gel de silice, d'un volume double à celui de l'objet, qui sera hermétiquement fermé. Dans le cas où les objets seraient stockés d'une autre façon (ce qui n'est pas recommandé), il faut éviter de les placer dans des lieux dégageant des vapeurs organiques (armoire ou étagère en bois). Ils seront placés dans une boîte plastique non fermée ou sur une plaque de verre et déposés dans une armoire métallique. Tout contact avec du métal doit être évité.

Il est important de maintenir de bonnes conditions de température (20° en moyenne), mais surtout d'humidité relative (50 % d'humidité relative maximum), les plus stables et les plus adéquates possibles ; des locaux bien aérés et sans humidité sont recommandés.

Dans les vitrines d'exposition, il est préférable d'utiliser une lumière froide pour éviter une température excessive. Les objets ne doivent en aucun cas être entreposés à côté d'une source de chaleur (radiateur, lampe, soleil).

Cependant toutes ces précautions ne suffisent pas à empêcher la corrosion de se manifester à nouveau. Les symptômes les plus évidents sont des taches vert clair pour le cuivre et ses alliages, des gouttelettes de rouille ou des fissurations pour le fer. Si vous constatez une de ces anomalies, un nouveau traitement doit être entrepris dans les plus brefs délais car les objets risquent de se dégrader rapidement. A la moindre alerte, n'hésitez pas à les confier au restaurateur pour de nouveaux traitements.

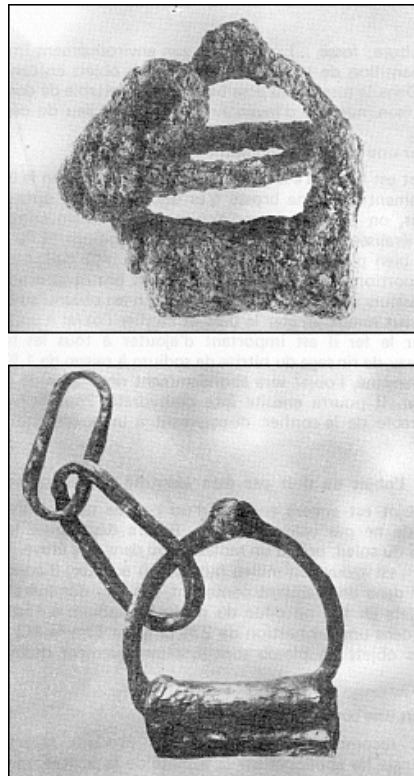


Fig.4 : Cadenas en fer (décapage mécanique : touret et meulettes abrasives). La restauration met en évidence le mécanisme extérieur et intérieur de l'objet (échelle ~ 1/2).

## **V.- DECOUVERTE D'UN OBJET METALLIQUE EN FOUILLE (d'après R. BOYER et W. MOUREY)**

### **Sur le chantier**

Avant de prélever un objet métallique il convient de le photographier en plaçant près de lui une échelle bien lisible. Si cet objet doit être confié à un laboratoire, il est recommandé de l'accompagner de renseignements précis : contexte dans lequel il a été trouvé (sépulture, fosse ...), nature de son environnement immédiat (un échantillon de terre est parfois utile), objets en contact direct, etc. Dans la mesure du possible il est souhaitable de donner la datation, son numéro d'inventaire et le futur lieu de dépôt.

#### **a) Pour une identification immédiate de l'objet :**

L'objet est lavé à l'eau déminéralisée ou distillée en le brossant délicatement avec une brosse très douce. Si cette opération ne suffit pas, on peut immerger l'objet dans un bain composé d'eau déminéralisée et de métaphosphate de sodium (1 % = 1 cuil. à café bien pleine) ou de Décon 90 (1 % = 2 cuil. à café) dans la proportion de 2 à 5 %. Ensuite on brosse doucement l'objet à plusieurs reprises. Si aucun résultat n'est obtenu au bout de 24 h, il vaut mieux arrêter le bain et confier l'objet à un laboratoire. Pour le fer il est important d'ajouter à tous les bains ainsi qu'à l'eau de rinçage du nitrite de sodium à raison de 1 %. Ce traitement terminé, l'objet sera abondamment rincé avec de l'eau déminéralisée. Il pourra ensuite être déshydraté. Pour le plomb il est préférable de le confier directement à un spécialiste (pas de bain).

#### **b) Si l'objet ne doit pas être identifié immédiatement :**

Si l'objet est encore entouré d'un peu de terre, il est recommandé de ne pas enlever celle-ci. Il sera déshydraté lentement à l'abri du soleil, près d'un radiateur ou dans une étuve. Lorsqu'un objet est trouvé en milieu humide ou aqueux, il convient de le placer dans un récipient contenant de l'eau déminéralisée. Pour les objets en fer, on dilue du nitrite de sodium à l'eau déminéralisée dans une proportion de 2 % (2 g par litre = 1/2 cuil. à café). Les objets en plomb sont systématiquement déshydratés.

#### **c) Pour une consolidation de l'objet :**

Il est recommandé d'employer des produits réversibles et de ne jamais les appliquer sur la totalité de la surface de l'objet. Si cela est cependant nécessaire, cette consolidation doit être temporaire (3 mois maximum). Un objet ainsi entouré d'une protection externe ne respire pas et il se détériore rapidement de l'intérieur.

## **Après le chantier (stockage et transport)**

L'emballage se fera à l'aide de sacs en polyéthylène, contenant du gel de silice d'un volume double à celui de l'objet. La protection de l'objet contre les chocs se fera à l'extérieur des sacs. Il ne faut jamais mettre de papier, de coton ou d'autres substances hydrophiles en contact direct avec l'objet. Par la suite, on contrôlera régulièrement la couleur du silicagel. Si sa couleur vire au rose, cela indique la saturation d'humidité. Il faut alors régénérer le gel de silice en le mettant dans un four ou une étuve à 1800 C, jusqu'à ce qu'il retrouve sa couleur bleu foncé; il est alors prêt à resservir.

Si on ne possède pas de gel de silice, le rangement de l'objet se fera dans un sac en papier permettant la circulation de l'air. Il sera stocké dans un lieu où les conditions de température (20° en moyenne) et d'humidité relative (50 % H.R. maximum) seront adéquates. Il ne faut jamais enfermer un objet dans un sac plastique ne contenant pas de gel de silice ; en effet l'humidité emprisonnée accélérerait la reprise de la corrosion.

Lorsque de nombreux objets métalliques sont conservés en même temps, on peut utiliser un vieux réfrigérateur (hors état de fonctionner mais avec un bon joint d'étanchéité) dans lequel on réservera le bac du bas pour le gel de silice. On obtient ainsi une véritable enceinte à silicagel qui évite la corvée du renouvellement du dessiccateur dans chaque sac.

Si un objet métallique est trouvé en milieu aqueux, il sera conservé dans de l'eau déminéralisée ou distillée. Une déshydratation de celui-ci risquerait de modifier sa forme et provoquerait des cassures.

## **CE QU'IL NE FAUT JAMAIS FAIRE**

- Nettoyer l'objet avec de l'eau du robinet.
- Le mettre au contact d'une substance hydrophile.
- Employer de la cire ou du vernis pour "protéger" le métal.
- Utiliser des acides même dilués.

Enfin, la meilleure façon de conserver un objet métallique comme document archéologique est de le photographier sous divers angles puis de le dessiner le plus précisément possible.

Jean-Claude ROUX

## BIBLIOGRAPHIE

- Boyer R. et Mourey W.- *Conseils pratiques concernant les métaux et les matières organiques mis au jour dans les fouilles*, Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, Draguignan, 1983, 11 p.
- Derion B.- *L'art du métal en Aquitaine, des origines au VIIe siècle : restauration et conservation*, Musée d'Aquitaine, Bordeaux, p 77 à 87.
- Derion B., Roux J.C.- *Conseils pour assurer une bonne conservation des objets métalliques après traitements*, Bull de la Fédération Archéologique de l'Hérault, 2, 1984, p 6.
- France-Lanord F.- *La conservation des antiquités métalliques*, Nancy, 1962, 83 p.
- Mache A. - *La corrosion des métaux*, Collection "Que sais-je ?" n° 843.
- Neyer H.- les arts du métal, ouvrage collectif : *Gallo-romain en Ile-de-France*, association des conservateurs des musées d'Ile-de-France, Paris, 1984, p 187 à 207.
- Mourey W. - *La conservation des antiquités métalliques : de la fouille au musée*. Draguignan. 1987, 128 p.
- Plenderleith H.J.- *La conservation des antiquités et des oeuvres d'art*, travaux et publications VI, éd. Eyrolles, Paris, 1966.
- Rinuy A. Schweizer F.- Méthodes de conservation d'objets de fouille en fer. Etude quantitative comparée de l'élimination des chlorures. *Studies in Conservation*, 26, 1981, p 29 à 41.
- Roux J.C.- La conservation du mobilier métallique, *Bull. de la Féd. Arch. de l'Hérault*, 4, 1983, p. 10 à 12.
- Roux J.C.- Objets à restaurer et à conserver, catalogue d'exposition "*Dans le vif du passé, l'archéologie en Lunellois aujourd'hui*", Lunel, 1983, p. 17 à 19.
- Roux J.C.- Nettoyage d'une monnaie pour étude, *Bull. de la Féd. Arch. de l'Hérault*, 1, 1983, p. 20.

## LISTE DES LABORATOIRES DE RESTAURATION DES METAUX

### ARGENTON/CREUSE (C. Sire)

Laboratoire Régional de Restauration Archéologique, Ancien Collège, 36200 Argenton/Creuze -Tél. 54.24.23.69.

### BORDEAUX (B. Derion)

Musée d'Aquitaine, 20 cours d'Albret, 33000 Bordeaux -Tél. 56.90.91.60.

### CAEN (E. Carbonneaux)

Atelier de Restauration, Musée de Normandie, Logis des Gouverneurs, Château de Caen, 14000 Caen -Tél. 31.86.06.24

### COMPIEGNE (A. Rapin)

Institut de Recherches Archéologiques et Paléométallurgique, Université de Technologie, BP 233, 60206 Compiègne Cedex -Tél. 44.20.20.24.

### D RAGUIGNAN (R. Boyer)

Laboratoire de Conservation, Restauration et Recherches, C R A du CN RS, 19, rue Frédéric Mireur, 83300 Draguignan -Tél. 94.68.11.23.

### NANCY

(C. Forrières)

Laboratoire d'Archéologie des Métaux. CNRS, avenue Général de Gaulle, 54140 Jarville-la-Malgrange (Nancy) - Tél. 83.56.01.42.

### SAINT-DENIS (M. Lacoudre)

E.D.F., Direction des Études et Recherches, Département Convention Electrochimique, 25 allée privée Carrefour Pleyel, 93200 Saint-Denis -Tél. 16.1. 48.29.98.77.

### SAINT-GERMAIN (F. Douau)

Musée des Antiquités Nationales, Laboratoire de Restauration, Château de St. Germain, 78100 Saint-Germain-en-Laye. Tél. 34.51.53.63.

### VIENNE

(M.C. Depassiot)

Centre Municipal de Recherches et d'Études Archéologiques, place Aristide Briand, 38200 Vienne - Tél. 74.85. 19.00.

**William MOUREY**

*La conservation des antiquités métalliques : de la fouille au musée*

Draguignan, 1987, 126 p. (80 F.)

(Laboratoire de conservation, restauration et recherches, CRA du CNRS, 19, rue Frédéric Mireur - 83300 Draguignan)

Cet ouvrage s'adresse aux archéologues, aux conservateurs/restaurateurs travaillant dans les laboratoires et aux conservateurs de musées qui ont tous un objectif : éviter que le matériel métallique ne se détruise avec le temps.

L'auteur aborde les problèmes de conservation des métaux de façon pratique dans les trois parties qui composent ce volume ainsi que dans les annexes qui traitent des "recettes" de nettoyage, des matériels, des produits et des fournisseurs.

En introduction W. Mourey s'interroge sur la raison d'un tel ouvrage. Pourquoi la conservation et pas la restauration ? Pourquoi donner des "recettes" alors que la plupart des personnes qui travaillent dans la conservation/restauration répugnent à publier leurs techniques de traitement ?

Depuis "*la conservation des antiquités et des oeuvres d'art*" de H.J. Plenderleith, édité en 1966, rien de général n'a été publié, sur ce thème, en langue française. Bien sûr, de nombreux articles ont paru dans des revues spécialisées mais toujours sur un sujet précis. Cet ouvrage fait le point sur les techniques existantes et sur ce que l'on peut en attendre.

William Mourey est physicien/restaurateur au CNRS. Il travaille depuis plus de dix ans sur les problèmes de la conservation des objets archéologiques métalliques au Laboratoire de Conservation, Restauration et Recherches de Draguignan (Centre de Recherches Archéologiques).

J.Claude ROUX