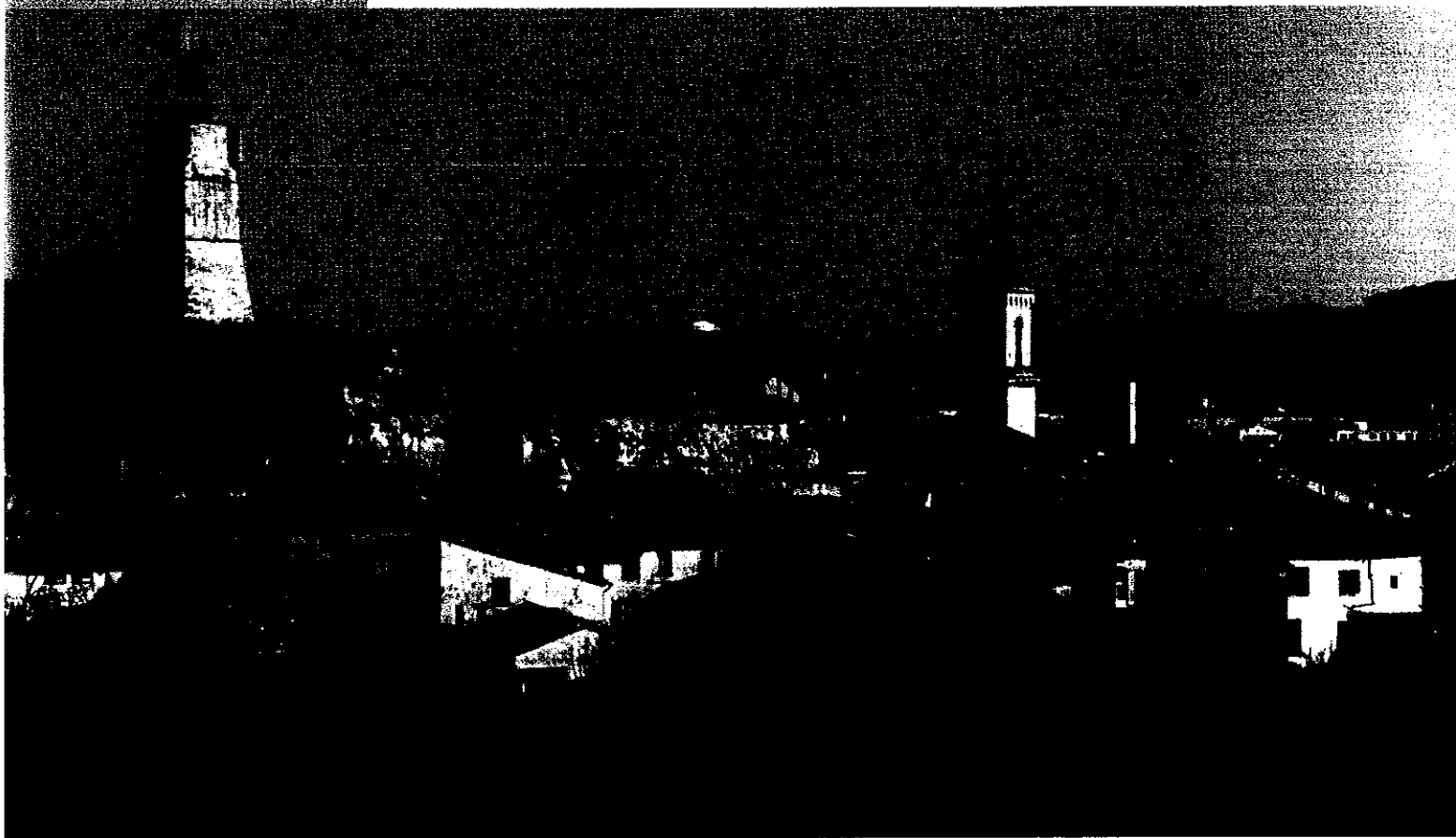


METAL 98

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON METALS CONSERVATION



ACTES DE LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA CONSERVATION DES MÉTAUX

EDITEURS/EDITORS:

William Mourey, Luc Robbiola

DRAGUIGNAN-FIGANIÈRES, FRANCE, 27-29 MAY 1998



© 1998 James & James (Science Publishers) Ltd

Published by James & James (Science Publishers) Ltd, 35-37 William Road, London NW1 3ER, UK

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system without permission in writing from the copyright holder and the publisher

A catalogue record for this book is available from the British Library

ISBN 1 873936 82 6

Printed in Malta by Interprint Ltd.

Interaction métal-environnement Application à des milieux confinés

*Jacques Rebière[†], *William Mourey, *Joël Françoise et **Emmanuel Sidot

[†]Laboratoire de Conservation, Restauration et Recherches (CAV/CRA-CNRS USR 708),
19 rue F. Mireur F- 83 300 Draguignan, France.

^{**}4 passage de Jouy, F-93200 Saint-Denis, France.

Résumé

Le stockage de collections métalliques dans des dépôts de fouilles ou les réserves de musées non climatisés est parfois négligé faute de moyens. Les auteurs proposent quelques solutions simples, adaptées, bon marché et compatibles à l'issue d'analyses et d'essais de vieillissement accéléré. Quelques investigations en cours sont évoquées.

Mots clés

Métal, conservation préventive, atmosphère modifiée, VPI, polymères, absorbeurs d'oxygène.

Introduction

Beaucoup de musées ou de dépôts de fouilles européens, conçus dans des bâtiments historiques, ne sont pas climatisés. Un environnement inadapté entoure donc les nombreux objets qui s'amoncellent sans qu'un stockage « sur mesure » de chacun d'entre eux soit imaginable. A ces faibles moyens techniques s'ajoute souvent un manque de personnel qualifié. Pour y suppléer et permettre une gestion globale des collections, notre laboratoire teste et parfois sélectionne des emballages ou matières premières proposés par l'industrie. Au préalable, tous doivent répondre aux critères suivants:

- matières premières compatibles avec le stockage
 - *Une matière employée pour un stockage ou une exposition nous paraît compatible si l'évolution de ses propriétés physiques ou chimiques ne favorise pas l'altération du patrimoine.*
- mise en oeuvre simple
- prix modique
- approvisionnement facile
- accès aux objets protégés aisé.

L'emploi d'emballages préfabriqués par l'industrie

Les boîtes hermétiques

Le stockage des objets métalliques en dépôts ou réserves utilise souvent des matériaux incompatibles (caisses en carton, sachets PVC, boîtes en métal...)^{4,13} Parfois les

sachets sont soudés aux dimensions des objets mais il est difficile d'obtenir un contrôle du climat satisfaisant et il faut déchirer la pochette pour accéder au matériel. Nous préférons les boîtes hermétiques dont les dimensions permettent le rangement de beaucoup d'éléments. Nous y contrôlons l'humidité relative avec du gel de silice et isolons les objets du dessicant à l'aide de pochettes en polyéthylène microperforées disposées autour du matériel ou autour du gel de silice.

Avec d'autres laboratoires, nous avons analysé la composition de ces boîtes et nous avons comparé leur herméticité avec nos enceintes climatiques. Un contrôle régulier de l'humidité relative de centaines de récipients hermétiques oblige, en effet, à choisir des boîtes de qualité pour éviter une régénération trop fréquente du gel de silice.

Les premiers essais ont comparé l'herméticité à la vapeur d'eau et au dioxyde de soufre des récipients fermés.

Un mode de comparaison de l'herméticité

La plupart des boîtes hermétiques sont conçues selon des principes généraux identiques. L'absence de joint thorique est compensée par la forme cônique des bords supérieurs des boîtes par une légère tension du couvercle. La différence de rigidité entre les deux éléments, la maîtrise des retraits de matières premières et l'équilibre des tensions en tous points du couvercle déterminent la qualité de l'herméticité. Un couvercle circulaire sera théoriquement mieux adapté qu'un de forme carrée, lui

[†]Auteur à qui doit être adressée toute correspondance

même plus efficace qu'un rectangulaire. Les matières employées varient avec la mode (boîtes transparentes, colorées...) ou l'équipement des ménages (lave-vaisselle, micro-ondes...). Nous n'avons retenu que les boîtes en polyoléfines, polymères chimiquement stables et non solubles.⁹

Une identification simple des polymères compatibles a été recherchée.

Une première démarche a vérifié la composition des plastiques de « qualité alimentaire » et a démontré l'emploi occasionnel de polymères non compatibles avec un stockage prolongé du patrimoine métallique (PVC...). Même si les matériaux et objets préparés à partir de polymères ou de copolymères de chlorures de vinyle ne doivent pas contenir de chlorure de vinyle monomère en quantité supérieure à un milligramme par kilogramme de produit fini, les conteneurs de « qualité alimentaire » ne sont pas utilisables pour stocker les métaux.⁷

Un autre critère de sélection se fonde sur les symboles proposés par l'Institut des Plastiques et de l'Environnement du Canada. Bien qu'informelle, cette normalisation a été conçue pour permettre aux recycleurs de trier et de regrouper les plastiques en catégories homogènes. Elle se répand dans le monde et est suffisamment simple pour distinguer une matière première compatible d'une autre, non compatible (Fig. 1).⁵



Polyéthylène téréphtalate :
aspect cristal, utilisable
en congélation.



**Polyéthylène haute
densité :** aspect
translucide.



**Polyéthylène basse
densité :** aspect
transparent.



Polychlorure de vinyle :
aspect cristal.



Polypropylène : aspect
translucide, passe au
micro-ondes



Polystyrène cristal :
aspect transparent.

PA/PE : Polyamide/Polyéthylène :
aspect transparent.

PSE : Polystyrène expansé : aspect blanc.

OPS : Polystyrène bi-orienté : aspect cristal.

Figure 1. Les Normes DIN ci-dessous indiquent la désignation et le caractère recyclables des matériaux; elles sont principalement utilisées pour les plastiques.

D'autres analyses simples ou élaborées ont précisé l'identification des polymères. La plupart des boîtes distribuées contiennent:

- du polypropylène statistique (boîte)
- du polyéthylène basse densité linéaire (couvercle).

Les essais ont porté sur:

- l'herméticité à la vapeur d'eau: 250 g/litre de gel de silice régénéré et froid ont été étalés au fond de chaque récipient. Ceux-ci ont été soumis à un brouillard d'eau dans les mêmes conditions (25°C, 1000 mbar) durant plusieurs semaines. La variation de la masse du gel de silice contenu dans la boîte en mesure précise l'herméticité. Cinq exemplaires de chaque boîte ont été soumis aux essais et choisies de manière aléatoire. En effet, pour une même référence, d'une série à l'autre, le réglage des machines, la quantité et la nature des adjuvants, etc... modifient la composition et peuvent influencer sur la qualité. Les boîtes ont été directement commandées aux entreprises pour leur éviter les aléas d'un stockage en grande surface.
- l'herméticité au dioxyde de soufre. Les effets de ce gaz sont facilement repérables sur des éprouvettes en alliage cuivre-argent. Une comparaison visuelle sur des témoins permet de discriminer les boîtes.

Les essais les plus significatifs ont concerné des boîtes similaires de marques différentes. Ils mettent en évidence une « hiérarchie »: celles de marque Tupperware® et Steward Plastics® étant de qualité nettement supérieure. Ces essais repris sur des récipients soumis à des chocs thermiques ou à un rayonnement ultraviolet ont abouti à la même différenciation.⁹

Un risque d'oxydation du plastique?

Sur les conseils de M. Lemaire (CNEP – Université Blaise Pascal) des analyses en microspectrophotométrie infra rouge à transformée de Fourier (μ -IRTF) devaient contrôler l'oxydation d'un polymère après un contact prolongé avec du métal. Vingt deux mesures ont été prises sur une boîte ayant contenu des éprouvettes en fer et en cuivre polies pour analyses métallographiques. Les résultats ont été comparés à ceux d'une boîte Tupperware K-07 ayant contenu du fer ou du cuivre vernis et à une autre boîte, vide. Les boîtes sont restées 5 ans dans une pièce sombre (éclairage < 50 lux.)

Les résultats permettent de conclure à un rôle pro-oxydant des cations métalliques entraînant une oxydation des polyéthylènes basse densité ou des polypropylènes. Dans un cas, le contact avec les métaux ferreux semble induire plus d'oxydation que le contact avec le cuivre mais les phénomènes décrits sont de très faible amplitude (les variations de densité optiques sont de l'ordre de $6 \cdot 10^{-3}$). Ce sont les cations métalliques Fe^{3+} et Cu^{2+} qui sont des pro-oxydants et non les métaux ferreux Fe^0 et Cu^0 . Il est donc difficile d'attribuer de façon définitive et avec certitude les résultats observés sans une reprise de ces premiers essais.¹

Le cas des monnaies: analyse d'un médaillier

Les monnaies du fait de leur grand nombre et d'une relative normalisation de leurs formes représentent un cas particulier dans le domaine du stockage des objets métalliques. Depuis longtemps les spécialistes, en créant le concept du médaillier, ont su associer les contraintes du stockage avec les problèmes de consultations. Le médaillier peut donc être schématisé ainsi: une enceinte généralement fermée et parfois blindée, reçoit une série de plateaux où se rangent les monnaies disposées côte-à-côte et à plat. Malheureusement les matériaux constitutifs de ces médailliers sont très souvent inadaptés car anciens (matières organiques ou plastiques non identifiés). Nous avons donc recherché dans le commerce un produit parfaitement compatible avec les métaux. Après avoir choisi un médaillier vendu par la Maison Platt, une analyse sommaire des polymères, analyse ensuite approfondie par microspectrophotométrie IRTF ont démontré la compatibilité des polymères constitutifs. Du polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et du polystyrène (PS) ont été identifiés avec les deux méthodes et la microspectrophotométrie IRTF a mis en évidence un troisième polymère qui est un mélange de SAN (copolymère acrylonitrile styrène) et polyacrylate d'alcyle communément dénommé ASA. Actuellement l'ASA se substitue à l'ABS qui est un mélange de SAN et de polybutadiène, matériau peu résistant à l'oxydation.²

Ce produit commercial paraît donc adapté aux besoins du marché de la conservation des monnaies et médailles.

Les boîtes à membrane élastique

Initialement proposée aux joailliers ou aux utilisateurs de composants électroniques, une boîte à membrane élastique sert parfois à stocker longuement des collections archéologiques métalliques. Cette boîte est composée de deux coques munies d'une membrane très mince. Les objets sont pincés et suspendus à l'intérieur de la boîte dont la transparence permet un contrôle visuel. Des analyses en microspectrophotométrie IRTF ont précisé les indications de l'industriel: la coque transparente est un polystyrène et la membrane souple est un élastomère thermostatique de type polyéther-bloc-uréthane. L'effet négatif à long terme des polyuréthanes de type ether est reconnu puisque la dégradation de ceux-ci en milieu humide libère de l'ammoniac, particulièrement nocif pour la conservation des alliages cuivreux.²

Ces boîtes sont donc incompatibles avec la conservation des métaux.

L'emploi de matières premières compatibles pour la conception d'emballages adaptés

Il ne s'agit plus de sélectionner un produit fini (boîte hermétique, à membrane...) pas ou peu conçus pour nos usages, mais une matière première pour réaliser un emballage correspondant à nos impératifs de conservation.

Les boîtes à rabats

Les archéologues du Sud de la France emploient souvent des boîtes en carton ondulé qui offrent des possibilités d'emboîtement de deux modèles identiques dans un

modèle équivalent deux fois plus grand. Néanmoins, l'altération des propriétés mécaniques en milieu humide explique que de nombreuses piles de boîtes se soient effondrées entraînant la perte de beaucoup d'objets. En outre, ce carton ondulé, non traité, est acide et susceptible d'altérer les objets.¹¹

Nous avons reproduit les mêmes modèles de boîtes en polypropylène alvéolaire. Cette matière est insensible à l'eau et aux solvants. La gamme des densités utilisables est large (250 à 1600 g/m²), et peut recevoir un traitement antistatique ou être ignifugée... Ainsi, sans bouleverser les habitudes de rangement, nous espérons démontrer l'intérêt d'un matériel plus compatible pour l'entrepôt prolongé du patrimoine. Des analyses par microspectrophotométrie IRTF ont montré que le polypropylène alvéolaire est coloré en noir par du noir de carbone et en blanc par du talc. Le polypropylène alvéolaire « naturel », translucide, est dépourvu d'additifs de stabilisation de type antioxydant; c'est pourquoi, nous avons choisi de l'employer, même s'il paraît plus vulnérable aux rayons ultraviolet.³

Divers essais physiques (résistance à la compression verticale, à la perforation, flexion 3 points...) ont permis de comparer les propriétés mécaniques de ces boîtes en plastique à celles de leur équivalent carton.⁶ Il apparaît qu'aux densités supérieures ou égales à 450 g/m², la résistance du polypropylène alvéolaire est supérieure à celle du carton. Pour des densités inférieures, leur résistance paraît suffisante dans des conditions d'utilisation normales. En atmosphère humide, la supériorité du polypropylène alvéolaire sur le carton est encore accentuée.

Quelques prototypes sont à l'étude pour protéger d'autres collections lourdes et encombrantes.

Ce nouvel emballage demeure de type « ouvert » et ne permet pas un réel contrôle du climat. S'il peut servir à conserver des matériaux peu sensibles aux variations climatiques, nous avons souhaité améliorer ce concept en le rendant « fermé ».

Films

Quelques essais de films barrières

Pour aboutir à un micro-climat dans une boîte à rabats, plusieurs films barrières ont été testés (ou sont en cours d'essais). En effet, si certaines collections servent de référence, d'autres sont conservées longtemps sans être publiées. La réalisation de boîtes à rabats encapsulées dans des pochettes de films barrières permettrait d'obtenir un emballage hermétique d'un prix modique. A côté de boîtes hermétiques contenant des collections de référence, des boîtes à rabats encapsulées pourraient protéger des objets moins souvent consultés. Divers essais sur des films formant barrière à l'humidité, à l'oxygène, à l'azote, au dioxyde de carbone et à la lumière sont en cours. Tous ces films peuvent se souder facilement sur eux-mêmes. En parallèle, nous testons divers systèmes de fermetures et d'ouvertures rapides.

Un film polyéthylène micro-perforé

Nous avons recherché les propriétés physiques d'un film polyéthylène haute densité employé en agroalimentaire, cosmétique, sécurité du travail, arboriculture... Etait-il assez polyvalent pour stocker des objets divers dans des conditions très variées ?

Divers essais ont abouti à une soudure facile et rapide avec un soude-sac assez simple. De telles pochettes permettent de conserver les objets sans risque de perte de fragments. Leur transparence garantit une identification aisée de l'objet et évite d'ouvrir les sachets. Des essais en chocs thermiques ont mis en évidence une parfaite conservation des propriétés mécaniques de ce film pour des températures négatives ou des températures inférieures ou égales à 40°C. Leur résistance diminue sensiblement au delà de cette température; l'emploi de ces pochettes pour régénérer le gel de silice quelles pourraient renfermer est donc déconseillé. En revanche, l'air sec peut facilement circuler autour des objets conditionnés. La constitution de pochettes conçues dans une telle matière offre une alternative aux sacs en cellophane (très cassante après un séjour de quelques semaines en milieu sec) ou aux sacs en polyéthylène non perforés.¹⁰

Contrôle de l'environnement dans les boîtes

Bien qu'utiles pour maintenir autour des objets des conditions climatiques stables, certaines observations rapportées par S. Keene suggèrent que même en milieu très sec beaucoup d'objets en fer demeurent instables.⁸ Nous avons donc entamé des essais complémentaires.

Vers l'emploi d'un absorbeur de dioxygène: réflexions préliminaires

La corrosion des métaux archéologiques provient de deux types de réactions d'oxydoréduction: l'interaction au sein de l'objet des produits de corrosion entre eux, et l'oxydation du métal par les gaz corrosifs de l'atmosphère (O₂, H₂S, NH₃, CO, HCl). Parmi ceux-ci, le dioxygène O₂ est le plus abondant et donc l'oxydant prédominant.

Pour les deux types de réactions, l'humidité relative agit comme un accélérateur. En effet, la vapeur d'eau, condensée à la surface du métal, prend alors le rôle de solvant. L'eau est un solvant dissociant ($\epsilon_r = 80,36$), qui, par l'intermédiaire de la liaison hydrogène, apporte une partie de l'énergie nécessaire à casser des liaisons chimiques, hors de toute interaction chimique proprement dite. Or, la vitesse d'une réaction est une fonction décroissante de cette énergie, appelée énergie d'activation.

L'utilisation d'un absorbeur d'oxygène, du type Ageless®, de la Mitsubishi Gas Company, est alors un facteur de ralentissement de l'oxydation des métaux. Le principe actif de ces produits est l'oxydation en présence d'humidité par le dioxygène d'une poudre de fer (Fe), enrobée de chlorure de sodium, ayant des propriétés hygroscopiques.

Mis en concurrence avec l'oxydation des métaux, l'absorbeur, pourvu que sa surface d'échange avec le dioxygène $\langle S \rangle = 26,951 \times V m^2$, où V est la capacité d'absorption de dioxygène du sachet en litres, dépasse largement la surface d'échange de l'objet, réduit la vitesse de corrosion.

Malheureusement, cela implique que deux risques accompagnent l'utilisation de ces absorbeurs de dioxygène.

Lorsque, d'une part, l'humidité relative de l'enceinte de conservation est inférieure à l'humidité intérieure du sachet, le système s'équilibre en évacuant la vapeur d'eau contenue dans le sachet vers l'extérieur et

l'humidité relative dans l'enceinte remonte. Ce problème est assujéti à la perméabilité à l'eau du sachet. Or, pour les produits conçus pour fonctionner à haute humidité relative, cette perméabilité est grande, mais elle est faible pour les produits destinés à l'utilisation sous atmosphère sèche. Il convient donc de choisir un type d'absorbeur prévu pour ce dernier usage. D'autre part, la poudre de fer de l'absorbeur, si elle vient en contact avec le métal archéologique, peut se comporter auprès de lui comme un élément d'un couple oxydant-réducteur, et oxyder directement le métal. Enfin, l'enrobage de chlorure de sodium, qui a fonction de condenser le plus possible de vapeur d'eau, mis en contact avec l'objet archéologique, place ce dernier en contact avec une couche d'eau, annulant l'effet de l'abaissement de l'humidité relative. Il faut donc veiller à ce que le sachet soit correctement fermé.

Nous projetons donc de tester l'application du RP System™ proposé par la Mitsubishi Gas Company pour la conservation des métaux.¹²

L'utilisation d'inhibiteurs phase vapeur et de film inhibiteur

Dans des emballages hermétiques il est également possible de lutter contre l'oxydation et la corrosion liée à la présence d'humidité en utilisant des inhibiteurs en phase vapeur (VPI). De nombreux produits existent une abondante littérature a été publiée sur le sujet.¹⁴⁻¹⁶ Pour vérifier l'efficacité de ces inhibiteurs nous avons placé dans des boîtes hermétiques (type Tupperware®) des éprouvettes en fer cuivre et plomb préalablement sablées puis rincées dans l'acétone.

Trois types d'environnement ont été choisis: sec (HR <30%), humide (HR = 100%) et dans une boîte nous avons mis les éprouvettes et laissé l'HR varier en fonction de la température et de l'hygrométrie générale de la pièce. Une série de boîte a reçu un inhibiteur en phase vapeur,¹⁷ pour une autre série les éprouvettes ont été glissées dans un film polyéthylène inhibiteur,¹⁸ enfin dans la troisième série rien n'a été ajouté.

Résultats

- Après 6 mois: les éprouvettes avec une protection VPI et film n'ont pas changé d'aspect alors que celles sans protection ont été largement oxydées, à l'exception de celles conservées en atmosphère sèche.
- Après un an: les éprouvettes en fer avec film commencent à s'oxyder dans une HR=100%, vraisemblablement à cause du dépôt d'eau entre le film et l'éprouvette. Les autres éprouvettes protégées par VPI et film n'ont toujours pas évolué. Les témoins sans protection ont continué à s'oxyder, à l'exception, une nouvelle fois, de celles placées à une HR<30%.

L'utilisation de VPI et de film inhibiteur semble bien adaptée à la conservation en milieu clos des métaux non corrodés. Des expériences avec des métaux corrodés sont en cours et semblent donner de bons résultats, notamment avec les alliages à base cuivre.

Conclusion

Un stockage simple, efficace, bon marché, compatible et adapté à des réserves où le climat n'est pas contrôlé est possible.

Longtemps condamnés à n'employer que des emballages détournés de leur usage initial, les responsables de collections peuvent maintenant sélectionner certaines matières premières et les mettre en oeuvre eux-mêmes ou les faire faire par des industriels. Les essais en cours devraient aboutir à un concept évolutif adapté à une variété d'objets et de matières à conserver.

Références

- 1 Centre National d'Evaluation de Photoprotection 22 Février 1995: Rapport d'études: caractérisation par microspectrophotométrie IRTF des matériaux constitutifs de boîtes de stockage d'objets métalliques.
- 2 Centre National d'Evaluation de Photoprotection 27 Mars 1997: Rapport d'études: identification des matériaux de 3 échantillons de polymères issus d'un médaillier commercialisé par l'entreprise Platt et d'un échantillon issu d'une boîte utilisée en fouille ou en musée.
- 3 Centre National d'Evaluation de Photoprotection 1 Juillet 1997: Rapport d'études: analyse par microspectrophotométrie IRTF de 3 polymères synthétiques neufs.
- 4 Hodges H. W. M. 1982: Les matériaux chimiquement instables dans la construction des vitrines, *Museum*, 34, no. 1, p. 56-58.
- 5 Institut des Plastiques et de l'Environnement du Canada: *Les plastiques dans les emballages domestiques*.
- 6 Gendre, P. et Morel, P.-X., 1998, Etude du comportement mécanique de boîtes en polypropylène alvéolaire et en carton ondulé, Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var 1997/1998, Matériaux 2, rapport d'analyse.
- 7 *Journal Officiel de la République Française*: 25 Février 1983, p. 2143-44; 12 Février 1984, p. 1491-92; 13 Octobre 1992, p. 14242-249.
- 8 Keene S., 1994, Real-time survival rates for treatments for archaeological iron, ancient and historic metals : conservation and scientific research, *Proceedings of the Symposium Organised by the Getty Trust and The Getty Conservation Institute, Novembre 91*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- 9 Rebière J., 1991, Conservation préventive des vestiges métalliques: une approche comparative des boîtes de stockage hermétiques, *Conservation-restauration des biens culturels*, 3, Paris, p. 10-13.
- 10 Rebière J. 1992: Conservation préventive et restauration du patrimoine mobilier métallique: l'emploi du « Flexifilm », essais préliminaires, Conservation et restauration d'objets métalliques. *Archéologie en Yvelines*, Document de travail no. 5, Section Française de l'Institut International de Conservation; section métal. ICOM. 6^{ème} rencontre annuelle du groupe de travail, Versailles. p. 69-87.
- 11 Rebière J.; Le remplacement de boîtes de stockage en carton par des boîtes identiques en polypropylène alvéolaire (à paraître).
- 12 Sidot E. et al: Perspective thermochimique et cinétique de l'action d'absorbant de dioxygène sur la conservation des métaux, *METAL 98*, Draguignan - Figanières, 26-29 Mai 1998 (ce volume).
- 13 Tetreault J. 1992: Matériaux de construction, matériaux de destruction, *Conservation-restauration des biens culturels*, Actes du colloque « La conservation préventive », ARAAFU, 1992, Paris, p. 163-176.
- 14 Kuznetsov, Y. 1996 *Organic Inhibitors of Corrosion of Metals*, Plenum Press, New York.
- 15 Flick E. W., 1993, *Corrosion Inhibitors, an Industrial Guide*, Noyes Publications, Park Ridge.
- 16 Stambolov, T., 1985, *The Corrosion and Conservation of Metallic Antiquities and Works of Art*, Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, p. 43-44.
- 17 Inhibiteur en phase vapeur (VPI) Cortec® VCI 101. Fournisseur: Bitûmes Spéciaux SA, Zone Industrielle A, BP 88, 27940 Aubevoye (France).
- 18 Film inhibiteur Cortec® VCI 126. Fournisseur: Bitûmes Spéciaux SA, Zone Industrielle A, BP 88, 27940 Aubevoye (France).

Abstract

The storage of metallic collections at non-climatically controlled excavation or museum stores sometimes takes place through lack of funds. From analysis and artificial ageing studies, the authors propose simple, suitable, cheap and appropriate solutions for the storage of metallic artefacts. Some other investigations in progress are also presented.