

PATRIMOINE CONTAMINÉ : CONSERVONS LES RESTAURATEURS !

HENRI BERNARD-MAUGIRON, SOPHIE FIERRO-MIRCOVICH, FLORIANE HÉLIAS,
EMILIE THOMAS

Résumé Présentation de deux cas d'intervention sur des collections organiques contenant des produits toxiques exigeant des mesures de protection sanitaire des opérateurs.

La quantité de vestiges archéologiques submergés dans l'anse Saint Gervais du Golfe de Fos, est importante. On y reconnaît effectivement les restes du grand port antique de *Fossae Mariana*.

À proximité de la plage de la pointe Saint Gervais un tonneau en bois a été repéré en 1987 et prélevé en 1988. Traité par la méthode Bouis après son excavation, il était, depuis, présenté au musée d'Istres. L'intervention sur un objet avec des sels de chrome, toxiques et classés cancérigènes, a demandé la mise en place de mesures sanitaires particulières, qu'il a fallu revoir au cours des opérations en raison d'une sous-évaluation initiale du risque et du constat de surexposition du restaurateur à ces substances.

8000 ex-voto gallo-romains en bois sont conservés humides depuis leur découverte à Chamalières en 1968. Ils sont stockés depuis 2010 dans des sachets remplis d'eau contenant les traces d'un biocide désormais interdit à la vente du fait du caractère cancérigène d'un de ses principes actifs. Suite à une défaillance de stockage, les conditionnements ont été détruits. Le présent texte expose la méthode de travail retenue pour sauvegarder les objets dans l'urgence tout en assurant la sécurité des personnels face au risque chimique.

Mots-clés : tonneau, Bouis, chrome, risques sanitaires, valeur limite d'exposition professionnelle, ex-voto, Cryptogil®, pentachlorophénol.

Tonneau de Fos sur Mer : reprise de restaurations et risques sanitaires

C'est à proximité de la plage de la pointe Saint Gervais, à Fos-sur-Mer, qu'un tonneau en bois, daté au carbone 14 du 1^{er} siècle de notre ère, a été prélevé à l'occasion de fouilles sous-marines, en 1988.

La barrique, invention gauloise, un temps concurrencée par les amphores romaines, s'est imposée du fait de ses nombreux avantages : grande contenance, légèreté, résistance et maniabilité (Sciallano, 1991). On en retrouve en fouilles, essentiellement dans les régions au nord-est de Lyon, en France, Belgique et Allemagne, souvent en réemploi. Dans le bassin méditerranéen on n'en compte à ce jour que deux exemplaires, ce qui fait de ce tonneau une découverte exceptionnelle.

Le tonneau a été pris en charge en 2016, au musée d'Istres, où il était présenté en vitrine. La surface du bois était très empâtée et sombre, avec de nombreux dépôts blanchâtres

correspondant à l'application, pendant de nombreuses années, de cire d'abeille. De nombreuses cassures visibles, avaient anciennement été recollées avec du joint silicone (**fig. 1**).



Figure 1 Le tonneau avant reprise de restauration. © ARC-Nucléart.

À sa sortie de fouille, le tonneau avait été traité par un procédé mis en œuvre sur les bois archéologiques gorgés d'eau par Jean Bouis (Colloque WOAM Grenoble), ingénieur du DRASSM¹. La bibliographie à ce sujet est quasiment inexistante. Il semblerait que l'application reprenne le brevet initial déposé en France en 1965 par Garrouste (Mühletaler, 1973).

Le protocole commence par un nettoyage en immersion dans une solution de 1 % d'acide chlorhydrique pour éliminer toutes traces de carbonate de calcium. Bouis, lui, préconise une concentration de 15 % du même acide. La consolidation se fait ensuite dans une solution de 2 à 10 % d'anhydride chromique avec la possibilité d'ajouter 10 à 20 % de bichromate de sodium. Garrouste, recommande deux mois d'imprégnation à pression atmosphérique par centimètre pour les bois de cœur. Pour les objets massifs, il est recommandé d'injecter la solution sous pression à différents endroits, après quoi l'objet doit être immédiatement immergé dans la solution pour une longue durée. Ensuite, les objets sont séchés à air libre sans contrôle de l'humidité relative. Ils deviennent brun-rouille, légers, poreux et ne présentent plus de changements dimensionnels avec les variations d'humidité relative. Toutefois, ils restent cassants et nécessitent une consolidation complémentaire par imprégnation avec un agent solidifiant. Selon le type d'objet, le brevet recommande des mélanges de cire, de l'huile de lin ou des résines synthétiques thermodurcissables. Bouis indique la nécessité d'un bain de fixation en acide linoléique.

Ce procédé, appliqué au tonneau de Fos-sur-Mer, aboutit à la disparition d'une inscription gravée sur le fond du tonneau qui avait pu être relevée par les archéologues à la sortie de fouille. On suppose que l'acide a rongé la surface du bois et occasionné la perte de cette

¹ Département des Recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines

information (**fig. 2**). Le bois présente un état de consolidation très hétérogène, avec des déformations et des colorations disparates (**fig. 3**).

À l'atelier, les reprises de restauration ont consisté, notamment, à retirer les excès de cire en surface, par fusion au décapeur thermique, puis à démonter et remonter totalement le tonneau.

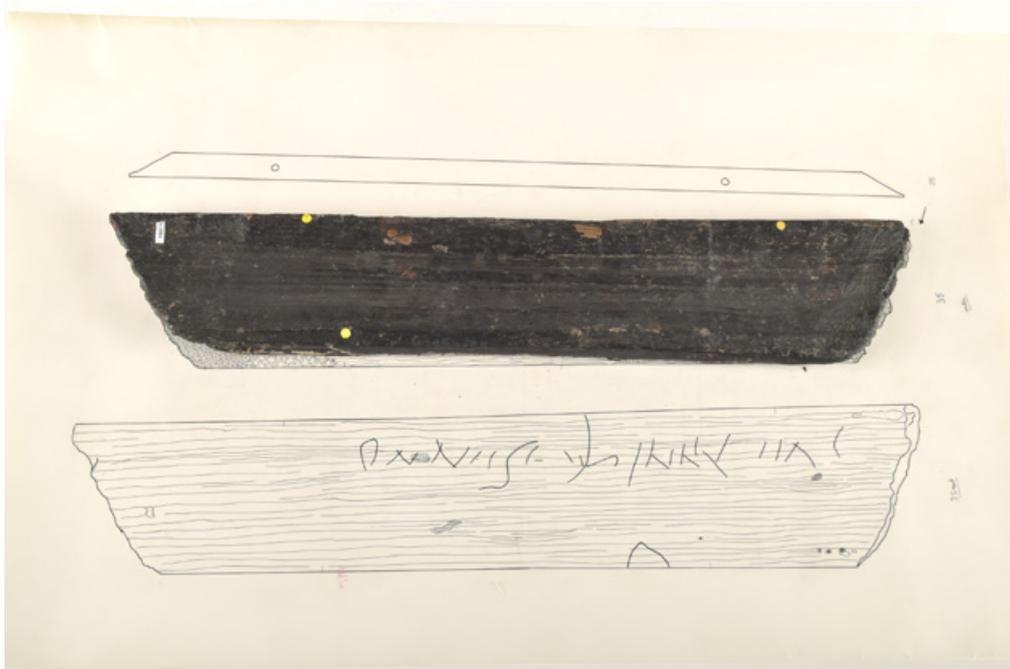


Figure 2 Perte des inscriptions suite au traitement Bois. © ARC-Nucléart.



Figure 3 Consolidation hétérogène à cœur. © ARC-Nucléart.

Le chrome est un élément métallique naturel de la croûte terrestre. Seuls les composés tri-valents et hexavalents sont retrouvés de manière significative dans l'environnement. Pour le chrome VI, les rejets industriels en sont la principale cause. En milieu professionnel, l'inhalation est la principale voie d'exposition au chrome VI, considéré comme cancérigène certain par le CIRC². Les cancers associés sont les cancers des poumons, des cavités nasales et des sinus.

Il avait donc été prévu au devis des mesures de protections adaptées : gants, masque respiratoire à particules, suivi médical mensuel ; ainsi qu'un retraitement des déchets par une société spécialisée.

Ayant un doute sur la quantité de poussière produite, l'APAVE³ est venue mesurer la VLEP⁴ au cours des opérations. Elle a révélé une surexposition évidente du restaurateur aux poussières toxiques, tandis que l'ambiance générale de l'atelier n'était pas atteinte.

Le protocole de sécurité a donc été révisé. La protection du collectif primant sur l'individuelle, une enceinte de confinement a été réalisée pour poursuivre les reprises de restauration. Ensuite, les EPI⁵ ainsi que le suivi médical de l'opérateur ont été renforcés avec une combinaison intégrale en Tyvek®, un masque soufflant et des analyses urinaires hebdomadaires (fig. 4).



Figure 4 Conditions de travail au vu des risques sanitaires. © ARC-Nucléart.

² Centre international de recherches sur le cancer.

³ APAVE : entreprise spécialisée dans la maîtrise des risques.

⁴ Pour prévenir la survenue de pathologies d'origine professionnelle dues à l'exposition à un polluant dangereux, le législateur définit des niveaux de concentration dans l'atmosphère de travail à ne pas dépasser. Ce sont les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

⁵ Equipement de protection individuelle.

L'archéologie est souvent considérée comme une science de la destruction qui tire son information de ce qu'elle détruit progressivement au fur et à mesure de l'étude. Dans le cas présent, un travail de documentation avait été réalisé très minutieusement par les archéologues. Par ailleurs, la contextualisation, dans les musées archéologiques, se fait de plus en plus sur des supports immatériels à l'aide de divers outils numériques. La nécessité de cette intervention, au final très lourde, ne se justifie donc que par la valeur intrinsèque de l'objet archéologique (fig. 5).



Figure 5 Le tonneau après reprise de restauration. © ARC-Nucléart.

La transversalité présente alors un intérêt non négligeable. Les travaux sur l'histoire des techniques anciennes de conservation-restauration⁶, la politique active de recensement des collections traitées par le DRASSM, mais aussi la collaboration avec les services de santé et de sécurité au travail, sont autant d'atouts permettant d'assurer la pérennité des biens archéologiques mais aussi la conservation des restaurateurs.

Les ex-voto de Chamalières. Reconditionnement et risque sanitaire

Contexte

Le site de la Source des Roches, commune de Chamalières proche de Clermont-Ferrand, Puy-de-Dôme, a fait l'objet de fouilles de sauvetage en 1968 et 1970. Un sanctuaire de plein

⁶ Les travaux sur l'histoire de la conservation-restauration sont relativement rares mais néanmoins essentiels. À noter la thèse de doctorat en archéologie de Clotilde Proust en 2017 : *Les ateliers du musée des Antiquités nationales : aux origines de la restauration en archéologie*.

air gallo-romain (I^{er} av. J.-C.-IV^e ap. J.-C.) y a été mis au jour. La découverte en milieu humide d'une exceptionnelle série de près de 10 000 ex-voto en bois en fait la collection la plus importante d'ex-voto antiques de toute l'Europe. Une partie d'entre eux a été traitée et restaurée, mais plus de 8 000 autres sont encore stockés à l'état humide. Pendant les premières années de stockage, un biocide, le Cryptogil®, a été utilisé pour limiter le développement des microorganismes dans l'eau. Le Cryptogil® est désormais interdit à la vente depuis les années 90. Il contient, en effet, du pentachlorophénol, dont le caractère toxique et cancérigène a été démontré.

La conservation des ex-voto humides se fait depuis quelques années dans un *container* régulant la température à 18 °C (**fig. 6**). Chaque objet, plongé dans de l'eau contenant malheureusement des traces de Cryptogil®, est conditionné sous gaine plastique thermo-soudée placée en bacs plastiques gerbés sur plusieurs niveaux.



Figure 6 Container de stockage des ex-voto. © ARC-Nucléart.

Incident

Une panne de réfrigération du *container* en 2018 associée à la canicule estivale a entraîné une augmentation significative de la température à l'intérieur du *container* (proche des 100 degrés Celsius). Mi-septembre, à l'occasion d'un contrôle de routine du *container*, une importante émanation gazeuse chimique (vapeur blanche et forte odeur acide) est constatée à l'ouverture des portes. Cela justifiera l'intervention en urgence de la brigade chimique du

SDIS. Les hautes températures ont provoqué l'endommagement des caisses et des gaines thermo-soudées (**fig. 7**), l'évaporation de quelques contenus ainsi que des écoulements en partie basse du *container*.



Figure 7 L'ensemble des caisses de stockage est endommagé. © ARC-Nucléart.

Le constat est immédiat, il faut faire face à une catastrophe patrimoniale combinée à un risque chimique. Les ex-voto qui n'ont pas encore séché doivent être replacés en condition humide au plus vite. L'intervention doit être nécessairement réalisée dans les plus brefs délais mais, cependant, il est indispensable de la préparer le plus en amont possible. Les intervenants devront se protéger du risque chimique généré par la présence disséminée du pentachlorophénol sous forme liquide ou cristallisée.

Montage de l'opération

Précédant l'exécution de l'opération, deux journées de multiples échanges seront employées à concevoir une procédure d'intervention.

Dans un premier temps, l'identification de tous les intervenants a permis de se rapprocher, sous l'égide du DRAC-SRA (service régional de l'Archéologie), du SDIS (service départemental d'Incendie et de Secours) du Puy-de-Dôme, de l'entreprise Valvert, spécialisée dans le travail en milieux pollués, d'ARC-Nucléart, spécialisé dans le traitement des bois archéologiques gorgés d'eau et, enfin, des services de santé et de sécurité au travail du CEA-Grenoble. Il a été prévu que la réouverture du *container* se ferait sous le contrôle des sapeurs-pompiers. Si l'évaluation des conditions par le capitaine de la brigade chimique permettait de lever le doute et autorisait l'intervention, la zone de travail face à l'entrée du *container* serait circonscrite à un bac de rétention d'environ 15 mètres par cinq (**fig. 8**).



Figure 8 Un bac de rétention équipe toute la zone d'intervention. © ARC-Nucléart.

Tous les effluents et les déchets seraient recueillis pour analyse et destruction selon leur nature. Un barnum serait installé pour s'abriter du soleil. Les protections individuelles devraient prendre en compte les risques de contact cutané et d'inhalation. En conséquence, le port de bottes, de combinaisons et de gants adaptés au risque chimique ainsi que des lunettes de protection devrait s'ajouter à l'obligation de se doter de masques respiratoires filtrants (**fig. 9**). D'un point de vue sanitaire, des analyses d'urine, pour recherche de pentachlorophénol, seraient menées avant et après l'intervention des deux restaurateurs.



Figure 9 Protection individuelle contre les risques chimiques.
© ARC-Nucléart.

Prévu pour durer trois jours, le sauvetage de la collection d'ex-voto a reposé sur une équipe composée d'un agent du SRA connaissant parfaitement le dossier, apte à coordonner le travail et à prendre les décisions sur le terrain, de trois techniciens expérimentés de l'entreprise Valvert, dédiés à la manutention des caisses et à l'évacuation des déchets, et de deux restaurateurs d'ARC-Nucléart ayant la maîtrise des bois gorgés d'eau afin de réaliser un premier constat d'état et de guider les premiers gestes de conservation préventive.

La mise en sécurité des 8000 ex-voto serait assurée par un tri et un reconditionnement provisoire en eau dans de nouveaux conditionnements.

La réalisation de la mission

Ouverture du container sous contrôle du SDIS

La porte du *container* a été ouverte le 25 septembre 2018. Sont constatés un nuage de vapeur blanche qui s'échappe, une odeur âcre et acide persistante ainsi qu'une chaleur résiduelle. Les sapeurs-pompiers ont immédiatement réalisé une série de mesures afin de s'assurer que les personnels pouvaient intervenir avec des garanties suffisantes de sécurité. Les mesures d'ambiance dans le *container* ont été faites au moyen d'un détecteur électrochimique 4 voies Draeger Xam 5000 et d'un AP4C (spectrophotomètre de flamme portatif, utilisé pour la détection des toxiques de combat, mais permettant également d'identifier divers toxiques organiques, dérivés arséniés ou cyanurés). Le contrôle du taux d'oxygène en partie basse et à hauteur des voies respiratoires s'est révélé normal. Aucun facteur d'explosimétrie n'a été détecté. Aucun composé chloré, arsénié ou cyanuré n'a été identifié. Le taux d'oxyde de carbone, après une légère dérive sans alarme, est rapidement revenu à 0 ppm. Les écoulements liquides en pied de *container*, contrôlés au moyen de papier pH, sont légèrement acides, avec un pH 5. Enfin, la mesure d'ambiance par tube colorimétrique acide ne signale rien.

Constat d'état



Figure 10 En raison de la chaleur et du poids des ex-voto, toutes les caisses ont perdu leur fond. © ARC-Nucléart.

Les caisses en polyéthylène, gerbées les unes sur les autres, ont leur fond systématiquement détaché (**fig. 10**). On suppose que la température à l'intérieur du *container* (muni de joints

d'étanchéité) s'est fortement élevée pendant l'été caniculaire et qu'elle a dû approcher des 100 °C. Le polyéthylène perdant sa résistance mécanique au-delà de 75-80 °C, le poids des ex-voto (une vingtaine de kilos par caisse) a enfoncé les fonds des caisses. Les caisses étant empilées sur plusieurs niveaux, un effet domino s'est produit. Le contenu de la caisse du haut a pesé sur le contenu de son voisin du dessous et ainsi de suite. Le contenu de la caisse du bas a supporté les plus grosses charges et a parfois été compacté d'un demi-volume (**fig. 11**).



Figure 11 Le fond des caisses ayant cédé, tous le contenu a pesé sur les ex-voto du dessous. © ARC-Nucléart.

Les gaines polyéthylène remplies d'eau ont parfois crevé, engendrant le séchage et la déformation de quelques ex-voto. Les gaines polyéthylène non crevées conservent généralement étonnement très peu d'eau et plaquent le volume des ex-voto (**fig. 12**). Ce phénomène provient sans doute de la réaction chimique du polyéthylène soumis à des températures proches de sa température de transition vitreuse. Le bois des ex-voto étant très mou, sa surface présente désormais l'impression en relief des plis de la poche plastique plaquée contre lui. La fragmentation des objets est souvent très importante.

Transfert des ex-voto

En deux jours et demi, avec l'aide efficace des trois employés de Valvert en renfort d'Emilie Thomas, de Floriane Hélias et d'Henri Bernard-Maugiron, l'ensemble des ex-voto a été sorti du *container* défaillant, placé dans de nouvelles caisses polyéthylène et transféré dans une semi-remorque réfrigérée programmée à 18 °C.

Le premier jour a consisté à sortir individuellement chaque ex-voto, à vérifier l'état de la poche (**fig. 13**), à remplacer chaque sac endommagé et à éliminer les objets détruits. Il est malheureusement devenu évident qu'à ce rythme, les 8000 ex-voto répartis en 240 bacs sur 10 palettes, ne pourraient être transférés dans la durée de l'intervention.



Figure 12 Le placage des sachets plastiques sur les ex-voto a engendré des déformations des bois. © ARC-Nucléart.



Figure 13 Contrôle de l'état des ex-voto. © ARC-Nucléart.

En conséquence, la procédure a été simplifiée en se limitant au transfert des sachets d'un bac endommagé à un bac neuf (**fig. 14**), en les disposant au mieux de façon à respecter la géométrie de chacun, et à orienter les poches de façon à conserver leur eau. Dans quelques cas, c'est la caisse endommagée encore manipulable qui a été transférée directement dans

un bac neuf. Un fond d'eau a été ajouté au fond des nouvelles caisses puis celles-ci ont été fermées à l'aide de film plastique étirable.



Figure 14 Transfert des ex-voto dans de nouveaux conditionnements.
© ARC-Nucléart.

Bilan

Malgré le risque chimique et la nécessité d'intervenir au plus vite pour la bonne conservation des ex-voto encore humides, le reconditionnement provisoire a été réalisé de façon satisfaisante tout en garantissant la sécurité des opérateurs. Les responsables peuvent désormais planifier l'avenir de la collection de façon plus sereine. Ce succès s'explique par une bonne organisation en amont, réduisant au maximum les improvisations dans l'action, une équipe pluridisciplinaire, complémentaire et à forte cohésion, une parfaite connaissance du dossier de la part du gestionnaire de la collection et, enfin, des partenaires institutionnels réactifs.

Conclusion générale

Ces deux exemples d'intervention sur des collections contaminées, le tonneau de Fos-sur-Mer et les ex-voto de Chamalières, soulignent la nécessité de l'étroite collaboration de toutes les parties prenantes en amont entre les différents acteurs du projet afin de garantir aussi bien la bonne conservation des objets que la sécurité des opérateurs.

Références bibliographiques

Tonneau de Fos-sur-Mer

Bouis J. (1984), *Le Sauvetage de l'épave de l'anse Gerbal à Port Vendres (Pyrénées Orientales)*, actes de la 2^e conférence du groupe de travail Bois gorgés d'eau de l'ICOM, CETBGE, Grenoble, p. 89-94

Mühletaler B. (1973), *Conservation of waterlogged wood and wet leather*, Eyrolles, p. 50-51.

Pomey P. (1992), *Recherches sous-marines*, Favira informations, p. 1-85.

Sciallano M. (1991), *L'art du tonnelier*, Istres, musée d'Istres, 38 p.

Cornuet R., Ramière R., De Tassigny R. (1975), *Application des techniques nucléaires à la conservation du patrimoine*, Eurisotop, monographie 38, p. 34-35.

Ex-voto de Chamalières

Romeuf A.-M., Dumontet M. (2000), *Les ex-voto gallo-romains de Chamalières (Puy-de-Dôme) : bois sculptés de la source des Roches*, Paris, Éd. de la Maison des sciences de l'homme, (coll. Documents d'archéologie française), 164 p.

Hiron X. (2011), *Rapport final de l'opération de tri, catalogage et décontamination de la collection humide des ex-voto de Chamalières*, Lythos.

Les auteurs

Henri Bernard-Maugiron Conservateur-restaurateur, ARC-Nucléart, henri.bernard-maugiron@cea.fr

Sophie Fierro-Mircovich Conservateur-restaurateur, ARC-Nucléart, sophie.fierro-mircovich@cea.fr

Floriane Hélias Conservateur-restaurateur, ARC-Nucléart, floriane.helias@cea.fr

Emilie Thomas Technicienne de recherche, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes, SRA, emilie.thomas@culture.gouv.fr