

<b>Zeitschrift:</b>	Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte = Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerisches Nationalmuseum
<b>Band:</b>	36 (1979)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Die verschiedenen Methoden der Nassholzkonservierung
<b>Autor:</b>	Haas, Arnold / Hug, Beat / Kramer, Werner
<b>Kapitel:</b>	7: La méthode de traitement des bois gorgés d'eau par imprégnation et irradiation gamma [Styren-Polyester-Strahlenpolymerisation]
<b>Autor:</b>	Tassigny, Christian de / Ginier-Gillet, André
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-167224">https://doi.org/10.5169/seals-167224</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Wir haben eine Probeserie im chemisch-physikalischen Labor des Schweizerischen Landesmuseums zur Behandlung entgegengenommen. Nach 5 Monaten wurde die Konservierung aber abgebrochen und die Hölzer der Lufttrocknung überlassen. Auf eine Methodenbeschreibung wird hier verzichtet<sup>47</sup>. Hingegen sei auf die verschiedenen bestehenden Arbeiten verwiesen, die auch die vielfältigen Rezeptvarianten darstellen. Seit ihrer Einführung durch R. MORÉN und B. CENTERWALL<sup>48</sup> wurde die Polyäthylenglykolmethode oft umgewandelt und den jeweiligen Situationen angepaßt. Besonders für große und sperrige Objekte (Schiffswracks) ist die langwierige Imprägnation mit PEG die einzige Methode, die Originalfunde einiger-

maßen zu erhalten. So waren L. BARKMANN mit der «Wasa» und D. NOAK mit der «Bremer Kogge» vor große Probleme gestellt<sup>49</sup>. Unterdessen ist die Carbowax-Methode an weiteren Großobjekten modifiziert worden<sup>50</sup>. Aber auch innereuropäische Länder haben für kleinere Volumen mit der Behandlung mittels Carbowax angefangen<sup>51</sup>. Wieweit sich das für Spitzenobjekte lohnt, wird erst die Langzeiterfahrung zeigen. Die Methode bringt, das wissen wir schon heute, keine definitive Konservierung, sondern nur eine Stabilisierung.

Unser nach 5 Monaten abgebrochener Versuch hat eine Person während dieser Zeitspanne rund 38 Stunden beschäftigt.

## 7. LA MÉTHODE DE TRAITEMENT DES BOIS GORGÉS D'EAU PAR IMPRÉGNATION ET IRRADIATION GAMMA [STYREN-POLYESTER-STRAHLENPOLYMERISATION]

de CHRISTIAN DE TASSIGNY et ANDRÉ GINIER-GILLET

### MÉTHODE DE TRAITEMENT

#### Traitements préalables

Le bois gorgé d'eau ne subit pas de traitement chimique préalable au procédé de conservation mis en œuvre au CEN-GRENOBLE.

Les bois gorgés d'eau doivent être nettoyés *avant* traitement. L'élimination des matières indésirables (débris végétaux, boue, craie, sable, etc.) est plus facile avant traitement. Le nettoyage du bois qui relève du choix de l'archéologue ou du responsable de la conservation ultérieure de l'objet n'est pas effectué par le laboratoire de traitement.

#### Procédé de conservation

##### Principe

Le traitement mis en œuvre depuis 1972 au CEN-GRENOBLE (Nucléart) consiste à remplacer en milieu liquide l'eau du bois gorgé d'eau par une résine liquide (méthode des bains successifs)<sup>52</sup> (Fig. 37-38). Le bois gorgé de résine est ensuite exposé devant une source de cobalt 60: la résine est durcie dans le bois par polymérisation radiochimique sous rayonnement gamma (1,17 et 1,33 MeV). Ces deux étapes du traitement sont indépendantes. Il en résulte sur le plan pratique plusieurs avantages:

Il existe un grand nombre de monomères et de résines ou de leurs combinaisons qui sont radiodurcissables sous rayonnement gamma: l'éventail des produits de consolidation éventuellement disponibles est très large.

La durée d'imprégnation n'est pas limitative, car la résine ne contient pas de durcisseur, ce qui laisse à la résine le temps de pénétrer à cœur.

La vitesse de diffusion d'un monomère dans les cellules du bois est inversement proportionnelle au poids moléculaire

linaire du monomère<sup>53</sup>. L'utilisation des liquides à faible poids moléculaire permet d'augmenter la vitesse de pénétration.

Le rayonnement gamma joue le rôle d'un durcisseur très pénétrant: les pièces de bois imprégnées à cœur sont durcies d'une façon homogène.

Les conditions opératoires de l'irradiation peuvent être choisies pour obtenir une élimination superficielle de la résine: la surface du bois ne garde aucun aspect «plastique».

Le rayonnement gamma émis par le Cobalt 60 n'induit pas de radioactivité: les objets irradiés ne sont pas radioactifs.

##### Mode opératoire

Le traitement se déroule en 2 phases: une imprégnation du bois par une résine styrène-polyester suivie du durcissement de la résine dans le bois.

##### Imprégnation

Le remplacement de l'eau par une résine styrène-polyester est effectué en milieu liquide. La résine n'est pas soluble dans l'eau. L'eau du bois est remplacée par un solvant, puis le solvant est échangé par la résine.

Echange eau-solvant: L'échange est réalisé dans une série de bains successifs: le bois gorgé d'eau est habituellement plongé successivement dans 4 bains d'acétone dont les volumes respectifs sont de l'ordre de 4 fois le volume du bois. L'état d'avancement de l'échange est contrôlé par analyse de la teneur en eau du bain d'acétone. L'échange est achevé lorsque la teneur en eau du dernier bain est stable et de l'ordre de 1 %.

Echange solvant-résine: Le même processus est répété pour remplacer le solvant qui a gorgé le bois, par une

résine styrène-polyester (un mélange de résines A 750 et 703 Rhône Progil dont la teneur en styrène ne doit pas dépasser 50 % en poids). L'échange est achevé lorsque la teneur en acétone du dernier bain est stable et ne dépasse pas 1 %.

La durée des échanges eau-solvant-résine dépend de l'essence du bois, de sa forme et de ses dimensions, de son état de dégradation et de sa teneur en eau. Elle peut varier de 2 mois pour de petits objets (20 g) à 6 mois pour des pièces plus grandes et plus épaisses (20 cm) d'épaisseur).

#### Durcissement

Le bois gorgé de résine est déposé dans une casemate d'irradiation où il est soumis à l'action du rayonnement gamma émis par une source de cobalt-60 (100 000 Ci dans l'installation du CEN-GRENOBLE). La polymérisation de la résine est exothermique.

L'intensité de la dose est adaptée pour limiter l'élévation de la température à environ 60 °C. Le durcissement est obtenu avec une dose voisine de 3 Mrd. La durée de l'irradiation est d'environ 48 h.

#### Traitements ultérieurs ou finaux

Le mode opératoire de consolidation ne comporte pas d'autre traitement final.

Il est possible pour certains bois traités dont la surface est jugée trop poreuse et trop fragile d'effectuer une consolidation superficielle complémentaire. Le procédé utilisé est appliqué couramment dans le même laboratoire pour consolider des matériaux secs et poreux. L'objet sec est imprégné «sous vide» par la même résine styrène-polyester puis durci sous rayonnement gamma. Le résultat sur un objet en bois gorgé d'eau est un durcissement de la surface.

La méthode de traitement des bois gorgés d'eau appliquée au CEN-GRENOBLE ne concerne que la consolidation du bois. Les procédés de restauration traditionnels des bois secs sont applicables aux bois traités: décoloration, coloration, collage, vernissage, etc.

#### LIMITES DE LA MÉTHODE

##### *Conservation*

###### *Etats particuliers du bois*

Quelques modifications ont été observées au cours de certains traitements:

Modification de la courbure d'un manche en bois néolithique (frêne): manche redressé en cours de traitement.

Décollement de parties carbonisées qui adhéraient à une partie saine du bois sous-jacent. Ces fragments peuvent être recollés après traitement.

###### *Matériaux composites*

Les traitements des bois gorgés d'eau composites ont été effectués suivant le même mode opératoire. Des résultats

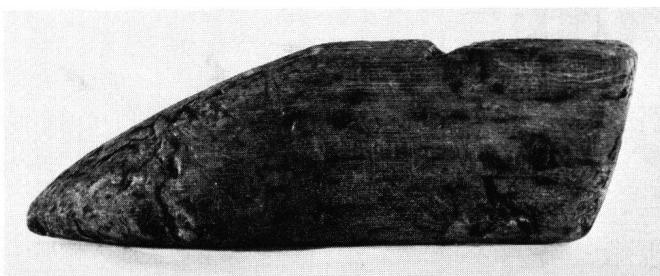


Abb. 37 Charavines (Département Isère, Frankreich), «Station des Colletières». Grabung 1975. 11.Jh.n.Chr. Schuhleisten. Styren-Strahlenpolymerisation 1976. Länge 25 cm.

satisfaisants ont été obtenus sur des bois qui comportaient des parties métalliques en bronze, en fer, en plomb.

Sont conservées:

Les traces d'usage: noircissement du bois par des utilisations culinaires par exemple.

Les matières végétales qui adhèrent à la surface: écorce, herbes, racines de joncs, etc...

Les sédiments.

Les incrustations de coquillages marins: tarets...

Des bois gorgés d'eau ferrugineuse (provenant de sources) et d'eau salée (bois marins) ont également été traités.

##### Fidélité dimensionnelle

Les écarts dimensionnels observés au cours du traitement correspondent à des retraits dont la proportion varie principalement selon le sens et l'état de dégradation du bois: les retraits les plus importants peuvent atteindre 7 % dans le sens tangentiel, sont moindres dans le sens radial et négligeables dans le sens longitudinal.

##### Possibilité de réparation et d'assemblage

Les fragments d'un même objet traités séparément peuvent être recollés par les procédés traditionnels de restauration.

##### Possibilité d'une nouvelle conservation

La méthode de consolidation actuelle consiste à durcir dans le bois des résines styrène-polyester. Ces polymères sont insolubles: l'extraction des polymères est impossible en profondeur dans le bois. (Des traitements de restauration de la surface sont applicables.) Cependant, la même méthode de consolidation pourrait être appliquée avec l'introduction d'autres monomères (méthacryliques par exemple) dont les polymères sont solubles dans des solvants organiques usuels. La possibilité théorique d'une extraction en profondeur existerait dans ce cas, à condition que l'avantage de disposer théoriquement d'une méthode d'extraction réversible sur plusieurs dizaines de centimètres de profondeur ne soit pas compensé par l'inconvénient d'une durée trop longue d'extraction.

### *Propriétés de surface*

Objets susceptibles de présenter des fissures

Des bois cylindriques (troncs d'arbre par exemple) présentent parfois une fissure longitudinale. La fissure est due au retrait de la résine pendant la polymérisation. La largeur de la fissure (sens tangentiel) dépend de la forme, de l'essence et de l'état d'altération du bois.

On n'observe pas de fissures transversales, ni en surface ni en profondeur.

La consolidation du bois est continue et homogène du cœur à l'aubier.

On observe parfois des décollements de zones brûlées.

### Détériorations superficielles

La surface des objets est généralement bien conservée pendant et après le traitement: maintien des traces d'usages, des gravures, des traces d'outils, etc.

Dans certains cas un traitement de surface peut être utile pour fixer des fragments naturellement très fragiles à la surface du bois: matières végétales que l'on désire conserver, fragments d'écorce, fragments brûlés; une restauration traditionnelle par collage est suffisante dans ce cas.

Les propriétés mécaniques apportées durant la polymérisation sont généralement suffisantes pour que l'objet puisse être exposé, manipulé et transporté sans dommage. Le polymère dont il est rempli n'est pas hygroscopique et permet au bois de subir des variations hygrométriques d'ambiance, ou thermiques dues à l'éclairage.

### *Couleur et texture*

Un traitement de décoloration peut être appliqué avant consolidation du bois, mais il n'est pas nécessaire: l'appa-

rence visuelle de la surface du bois traité, sans trace de polymère, est celle d'un bois naturel.

Les travaux d'ébénisterie sur des bois secs sont applicables au bois traité: coloration, décoloration, vernissage, collage.

### COMPORTEMENT AU VIEILLISSEMENT

Une observation régulière a porté sur 300 objets traités depuis 1972:

Les variations ambiantes du taux d'humidité paraissent être sans influence sur le comportement des bois traités.

Des fissures sont apparues sur une série de bois plusieurs mois après la fin de leur traitement: après avoir déterminé la cause (échanges insuffisants) le mode opératoire a été modifié en conséquence (teneur résiduelle en acétone inférieure à 1% avant la polymérisation).

Il n'est apparu aucune attaque d'insectes ou de moisissures. Les bois traités sont par ailleurs stérilisés par la dose de rayonnement nécessaire à leur durcissement.

### CRITÈRES TECHNOLOGIQUES

#### Volume maximal

La capacité de traitement actuelle du laboratoire est d'environ  $\frac{1}{2}$  tonne de bois par an.

La grandeur des objets est limitée par les dimensions intérieures de l'irradiateur: longueur 4 m.

#### Pouvoir de pénétration

La pénétration des produits d'imprégnation sans limita-



Abb. 38 Lyon (Département Rhône, Frankreich), «Rue Victor-Hugo / Rue Sainte-Hélène». Notgrabung 1975. Gallo-römisch (wahrscheinlich 2.Jh.n.Chr.). Pumpenstück aus Eichenstamm mit zwei eingelassenen Bronzemanschetten, aus einem Schacht. Styren-Strahlenpolymerisation 1977. Breite des Objekts 35 cm.

tion théorique est liée à la durée du traitement (cf. «imprégnation»).

#### Homogénéité

Le durcissement par rayonnement gamma permet un durcissement homogène du cœur jusqu'en surface.

#### Variation de masse

La densité du bois traité, voisine de 1, est proche de celle du bois humide.

#### Fragilité des objets traités

L'un des avantages du procédé est d'apporter au bois les propriétés de résistance mécanique des polyesters (cf. les résultats des essais en traction et compression sur les éprouvettes de bois néolithique, du bronze et récentes, publiés dans cet article).

Les bois traités doivent être manipulés avec l'attention requise pour des objets archéologiques mais sans précaution technique particulière.

#### Possibilités d'examens ultérieurs

Il est possible de déterminer l'espèce du bois, l'anatomie du bois, l'âge du bois par dendrochronologie.

Les échantillons de bois traité peuvent être préparés sous forme de lame mince.

#### Possibilités de développement

Comme il a été énoncé plus haut dans le «principe» il serait possible d'améliorer les caractères physico-chimiques du bois traité en remplaçant la résine utilisée actuellement par des produits radiodurcissables mieux adaptés.

Le mode opératoire pourrait être automatisé afin de réduire la durée de traitement et d'augmenter la capacité de traitement du laboratoire.

#### Complémentarité des méthodes

Un procédé analogue de consolidation des bois secs est

utilisé dans le même laboratoire: il consiste à imprégner sous vide un matériau sec par une résine styrène-polyester et à le durcir sous rayonnement gamma.

Il a été appliqué à la stabilisation de bois gorgés d'eau déjà traités par d'autres méthodes (par exemple Arigal C), mais dont le vieillissement dans de mauvaises conditions climatiques provoquait une dégradation progressive des bois.

Ce procédé de stabilisation complémentaire pourrait être appliqué avantageusement à des bois traités par d'autres méthodes afin d'en concilier les avantages respectifs: fidélité dimensionnelle, préservation de surface, solidité, stabilité dans une ambiance climatique défavorable.

### CRITÈRES ÉCONOMIQUES

#### Durée de traitement

La durée de traitement peut varier de 2 mois pour de petits objets (20 g) à 6 mois ou plus pour des pièces plus grandes et épaisses (20 cm d'épaisseur par exemple). Cette durée dépend de la forme du bois, de ses dimensions, de son essence et de son état d'altération.

#### Coût de traitement

Coût de matière première: environ 130 FF (environ Fr. 50.—) par dm<sup>3</sup> de bois gorgé d'eau. Ce coût indicatif dépend des dimensions et du nombre des objets contenus dans un lot de traitement. Une estimation des heures de main-d'œuvre ne peut être donnée que pour un cas précis. Ces heures dépendent des dimensions et de la forme de l'objet, de son état entier ou fragmentaire, de la possibilité de le traiter seul ou simultanément avec d'autres objets, etc.

A titre d'exemple on peut estimer que dans un lot de 10 objets traités simultanément, dont le volume respectif est de l'ordre du dm<sup>3</sup>, il faut compter environ 4 heures de main-d'œuvre par objet.

## MUSEALE WERTUNG DER PROBENHÖLZER UND DER KONSERVIERUNGSMETHODEN

von JAKOB BILL

Eine Wertung der behandelten Probenhölzer vom musealen Standpunkt aus fällt schwer, da ihre Form weitgehend realitätsfremd war. Dies trifft besonders für die dünnen Brettchen zu. In der Praxis haben wir es nämlich neben stabartigen Hölzern, wie Axtschläften und Brettern, auch mit Hohlkörpern zu tun, wie Schöpfern, Tassen usw. So ist denn die hier versuchte Wertung bei aller angestrebten

Objektivität subjektiv geprägt. Vom musealen Bedürfnis aus soll ein konserviertes Objekt für den Fachwissenschaftler bestmöglich bearbeitbar sein. Spaltenstücke und für eine Objektgattung oder eine Bearbeitungstechnik aussagefähige Artefakte müssen dem Publikum in permanenter oder temporärer Ausstellung gezeigt werden können. Damit werden aber bereits verschiedene Ansprüche geltend