

# Essences et qualité des bois utilisées dans la construction navale antique

## L'apport de l'étude anatomique et dendrochronologique

par Frédéric GUIBAL et Patrice POMEY

***Les épaves de navire sont de très  
bonnes sources d'information  
sur l'utilisation du bois dans la  
construction navale antique.  
Cet article montre comment,  
à l'époque, les charpentiers  
de marine se sont accommodés  
de la rareté en bois d'œuvre local :  
diversité des essences et de leur  
origine géographique, utilisation  
optimisée des bois en fonction  
de leurs caractéristiques  
anatomiques et morphologiques  
et en fonction de leur destination  
architecturale...***

La richesse du patrimoine archéologique constituée par les nombreuses épaves antiques localisées sur le littoral méditerranéen français revêt un intérêt exceptionnel pour l'histoire maritime, l'histoire économique et l'histoire de l'architecture navale au cours de la période antique (POMEY, 1988). Document archéologique de première importance dans l'étude des techniques de construction des navires, le bois mérite aussi, dans ce cadre, d'être l'objet d'examen dans lesquels l'approche s'étend de l'organe dont il provient au tissu qui le compose ; il peut alors apporter un ensemble d'informations relatives à la réalisation de la pièce qui viennent enrichir l'étude seule de la plus-value apportée par le geste humain au matériau. Aujourd'hui, l'examen des caractéristiques morphologiques et anatomiques des pièces s'affirme fondamental pour les recherches sur la charpenterie de marine développées dans le cadre des études d'archéologie navale. Outre leur contribution à une meilleure compréhension des critères de sélection et des modes d'utilisation des bois en architecture navale, depuis le choix des essences en fonction des pièces jusqu'à leur mise en place, elles peuvent atteindre un degré de précision chronologique particulièrement précieux par l'analyse dendrochronologique des séries de cernes de croissance offerts par les pièces.

## Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée

Basée sur la variation inter-annuelle de l'épaisseur des cernes des végétaux ligneux exposés à des climats qui leur imposent, chaque année, une phase d'activité et une phase de repos, la dendrochronologie vise à identifier des séquences de cernes similaires sur des échantillons différents pour dater ceux-ci de façon absolue ou relative selon que la comparaison met en jeu une chronologie de référence ou non (SCHWEINGRUBER, 1988). Les références sont construites à partir de l'identification de séquences de cernes caractéristiques communes à des séries partiellement synchrones recueillies sur des arbres vivants pour lesquels l'année de formation du dernier cerne est connue, et sur des pièces de bois de plus en plus anciennes. Dans les meilleurs cas, l'année d'abattage de l'arbre peut être précisée ; lorsque les cernes les plus externes ont disparu, un intervalle d'abattage peut être avancé (LAMBERT, 1998).

L'efficacité des datations par la dendrochronologie dépend de : 1) l'analyse d'au moins une douzaine d'échantillons afin de détecter aisément d'éventuelles anomalies anatomiques (faux cernes, cernes absents) et établir une chronologie moyenne garante d'un signal caractéristique d'un environnement local dans lequel le facteur individuel lié à l'arbre est atténué ; 2) la présence sur chaque pièce d'un nombre de cernes supérieur à 60 afin de disposer d'un signal inter-annuel suffisamment riche et original pour éviter toute reproductibilité dans le temps ; 3) la disponibilité d'une référence représentative de la même essence et de la même région climatique (TRENARD, 1992). Car, en raison des exigences écologiques propres à chaque essence, les tentatives de comparaison interspécifiques sont le plus souvent vouées à l'échec ; en Europe et à basse altitude, seules les confrontations menées entre le pin d'Alep, le pin pignon et le pin méso-géen (GUIBAL, 1992), entre le sapin et le tilleul (LAMBERT et LAVIER, 1990), entre les chênes caducifoliés et l'orme (LAMBERT et LAVIER, 1991) donnent des résultats positifs.

Sur le littoral méditerranéen français, les épaves de navires constituent une source de données dendrochronologiques de premier

choix. Le nombre élevé de pièces de bois disponibles sur la plupart des gisements, les caractéristiques dimensionnelles des plus importantes pièces de charpente (quille, massif d'emplanture, varangues, préceintes...), les modes de débitage des pièces permettent d'offrir des échantillons satisfaisant les exigences de la dendrochronologie. Apte à répondre aux questions chronologiques posées par les épaves, l'analyse des cernes peut aussi bénéficier des données livrées par les charpentes de nombreux gisements sous-marins dont beaucoup constituent des ensembles chronologiquement homogènes (I<sup>er</sup> s. av. J.-C., Bas-Empire) pour contribuer à la mise en place des références et combler leur retard par rapport à celles de l'Europe méditerranéenne où les études ont commencé plus de trente années auparavant (CORONA, 1983 ; SERRE-BACHET, 1985 ; LAMBERT, 1998).

Mais, malgré l'avantage représenté par l'abondance des épaves sur les côtes méditerranéennes françaises, l'ignorance du lieu de construction des navires et de l'origine géographique des arbres utilisés pour leur réalisation ne va pas sans compliquer la démarche et freiner l'avancement des synchronisations d'un gisement à l'autre. Car, si la cargaison et le matériel de bord permettent de préciser le lieu d'embarquement de la cargaison de l'ultime voyage et la date du naufrage, ils n'apportent aucun renseignement sur le lieu ni sur la date de construction du navire (GIANFROTTA et POMEY, 1980). Seul un réseau de chronologies de référence suffisamment dense sur le plan géographique peut dater, localiser la provenance des arbres utilisés et définir une région dans laquelle le bateau a pu être construit.

Pour répondre à ces questions a été engagé depuis 1991 par le Centre Camille Jullian (CNRS - Université de Provence) et le Laboratoire de chrono-écologie (CNRS - Université de Franche-Comté) et, depuis 1994, l'Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie (CNRS - Université d'Aix-Marseille) avec le concours du Ministère de la culture et du département des recherches archéologiques sub-aquatiques et sous-marines le programme de recherche Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée.

Le programme vise à constituer un échantillonnage de référence pour l'analyse dendrochronologique des bois utilisés pour la construction en région méditerranéenne afin de répondre aux problèmes chronologiques

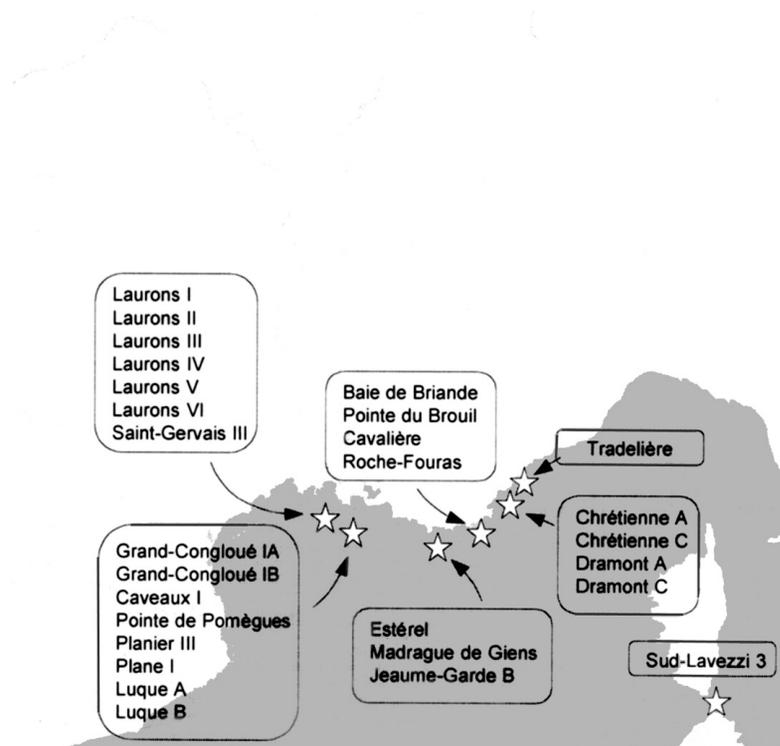
auxquels doivent faire face les recherches archéologiques et de développer, à partir des mêmes échantillons, les analyses dendromorphologiques des bois utilisés dans la construction navale antique (GUIBAL et POMEY, 1998, 1999). Le programme repose sur des séries de prélèvements systématiques d'échantillons de bois sur les vestiges de coques d'épaves connues et sélectionnées selon des critères :

- géographiques (zones à forte densité d'épaves) ;
- archéologiques (qualité et représentativité des vestiges) (Cf. photos 1 et 2) ;
- chronologiques (possibilité de corrélation entre les chronologies stationnelles).

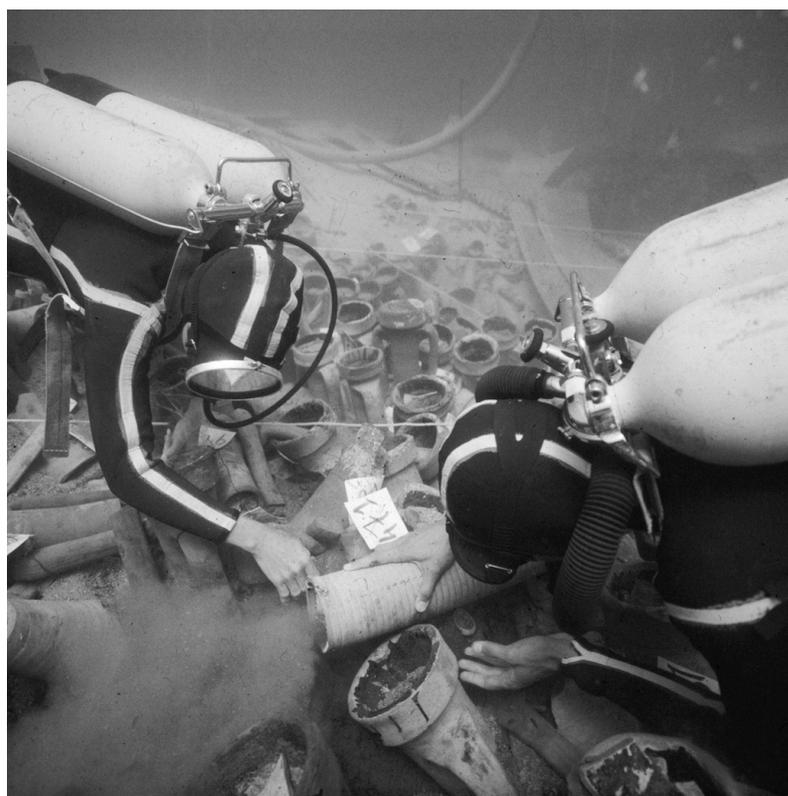
Afin d'avoir une vision détaillée et la plus représentative possible de la diversité et de l'effectif des essences employées pour la construction d'un navire, à l'exception des pièces d'assemblage pour lesquelles un échantillonnage est réalisé, la quasi-totalité des pièces de la coque (Cf. photos 3 et 4) sont examinées pour l'analyse dendromorphologique et prélevées pour l'identification anatomique des essences : un volume de matériau égal à 1 cm<sup>3</sup> suffit largement pour cela. Pour l'analyse dendrochronologique, après avoir prioritairement recueilli une douzaine d'échantillons par essence sur les pièces qui offrent le plus grand nombre de cernes afin d'acquérir l'assise chronologique la plus solide possible, les prélèvements sont ensuite réalisés en fonction de problématiques variées dans lesquelles entrent en compte réparations et remplois, destinées à mieux connaître l'histoire du navire, en veillant à limiter les atteintes à l'intérêt muséographique de la coque. Un examen attentif de toutes les sections transversales visibles est nécessaire pour évaluer le nombre de cernes disponibles sur les pièces.

Neuf campagnes de prélèvements ont été réalisées jusqu'à présent sur 28 épaves localisées dans le golfe de Fos, la rade de Marseille, les îles d'Hyères, la corniche des Maures Occidentales, la côte de l'Estérel, la baie de Cannes et les bouches de Bonifacio au cours des années 1991 à 1996 et 1998-99 et 2001 (Cf. Fig. 1).

Du fait de la quasi-disparition des épaves *Laurons 5* et *6*, alors que quatre autres, *Grand Congloué IA* et *IB*, *Laurons 3* et *4*, en voie de disparition, n'étaient plus représentées que par des fragments épars dont l'individualisation était impossible, seuls ont été pris en compte les résultats propres aux épaves qui ont livré des vestiges homogènes



**Fig. 1 :**  
Localisation géographique des épaves.



**Photo 1 :**  
Epave Madrague de Giens. Phase de désensablage.  
Photo A. Chéné et G. Réveillac, Centre Camille-Jullian, CNRS.



**Photo 2 (en haut) :**  
Epave Madrague de Giens. Phase de désensablage.  
*Photo A. Chéné et G. Réveillac, Centre Camille-Jullian, CNRS.*

**Photo 3 (ci-dessus) :**  
Epave Madrague de Giens. Détail de la coque et de la cargaison.  
*Photo A. Chéné et G. Réveillac, Centre Camille-Jullian, CNRS.*

et individualisés ayant permis d'effectuer des prélèvements représentatifs pour les analyses xylogologique, dendrochronologique et dendromorphologique. Soit au total vingt-deux épaves, réparties du point de vue chronologique comme suit :

**- 2<sup>e</sup> s. - première moitié du 1<sup>er</sup> s. ap. J.-C. :**

*Baie de Briande, Chrétienne C, Pointe du Brouil, Cavalière, Chrétienne A, Dramont C, Caveaux I, Jeaume-Garde B, Dramont A, Madrague de Giens, Pointe de Pomègues, Cap de l'Estérel, Planier III, Plane I, Roche-Fouras, Tradelière, Sud-Lavezzi 3.*

**- 2<sup>e</sup> s. ap. J.-C. :**

*Pointe de la Luque A, Saint-Gervais III.*

**- fin 3<sup>e</sup> s. - 4<sup>e</sup> s. ap. J.-C. :**

*Laurons 2, Pointe de la Luque B, Laurons 1.*

Les épaves *Chrétienne A* et *Chrétienne C* ont été analysées par S. WICHA (1997) ; les épaves *Dramont A* et *Dramont C* l'ont été par Ch. DAGNEAU (non publié).

Pour chaque épave, l'étude comprend l'observation macroscopique des pièces (étude des formes), l'analyse xylogologique du bois (identification anatomique), l'analyse dendrochronologique et dendromorphologique des sections transversales recueillies par sciage (Cf. photo 5). La suite du texte décrira les résultats majeurs des analyses xylogologique et dendromorphologique.

## Le choix des essences

Les observations menées au microscope optique sur des coupes minces réalisées manuellement selon les plans transversal, radial et tangentiel identifient vingt-deux essences, représentatives de trois milieux biogéographiques .

Sept espèces (pin d'Alep, pin maritime, pin pignon, châtaignier, chêne à feuillage caduc, chêne vert, olivier) sont distribuées à basse altitude dans l'étage de végétation méditerranéen et sont donc présentes à proximité des côtes. Neuf (aulne, charme, érable, frêne, hêtre, noyer, orme, peuplier, saule) sont caractérisées par une distribution géographique très large, couvrant l'Europe méditerranéenne et la région méditerranéenne où elles occupent des stations de plaine, parmi lesquelles des stations de ripisylve qui peuvent être proches de la côte. Six (épicéa, mélèze, pin type sylvestre, pin de Bosnie, pin noir, sapin) sont des espèces résineuses des étages de végétation montagnard et subalpin.

Le nombre d'essences varie d'une épave à l'autre :

- deux à trois espèces sont identifiées sur trois épaves : *Pointe du Brouil*, *Pointe de la Luque A et B* ;

- quatre à huit espèces sur dix-sept épaves : *Baie de Briande*, *Chrétienne C*, *Cavalière*, *Chrétienne A*, *Caveaux I*, *Jeume-Garde B*, *Madrague de Giens*, *Pointe de Pomègues*, *Cap de l'Estérel*, *Dramont C*, *Dramont A*, *Planier III*, *Plane I*, *Roche-Fouras*, *Tradelière*, *Sud-Lavezzi 3*, *Laurons 1* ;

- dix espèces aux *Laurons 2* et douze à *Saint-Gervais III*.

Sur un même navire, les effectifs sont tellement variables que certaines essences peuvent être dominantes tandis que d'autres sont peu représentées ou seulement représentées par des pièces de très faible dimension (pièces d'assemblage, par exemple) ; cette particularité exige donc un examen plus détaillé de la distribution des essences en fonction des différentes pièces de structure des navires.

### Charpente axiale (Cf. Tab. I)

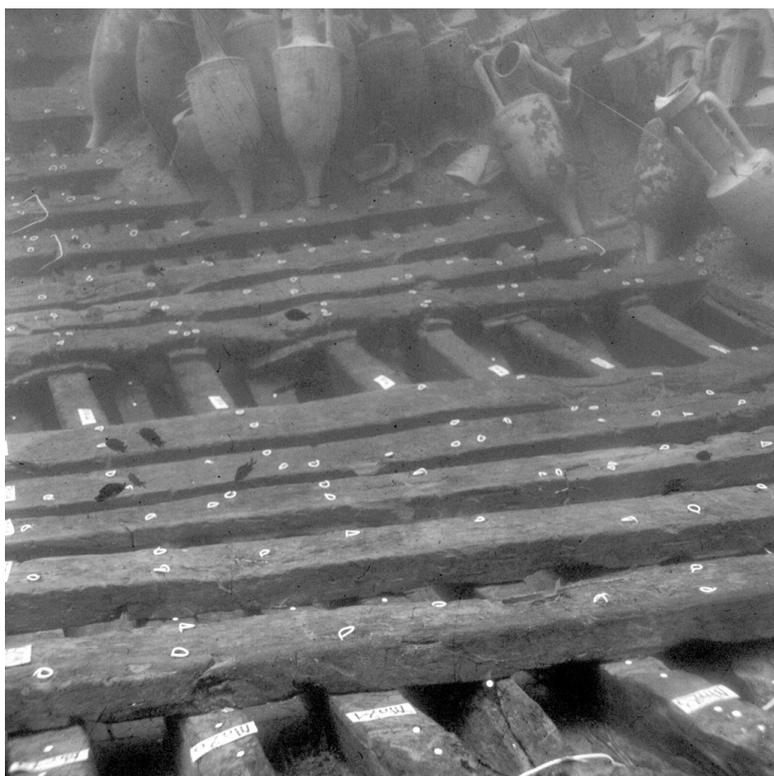
Une utilisation préférentielle de trois types d'essences apparaît :

- des feuillus aux qualités mécaniques élevées, tels le chêne et l'orme (*Madrague de Giens*, *Pointe de Pomègues*, *Laurons 1 et 2*), le châtaignier (*Tradelière*), le chêne vert (*Dramont C*), le noyer (*Dramont A*), le charme (*Chrétienne C*) et le hêtre (*Chrétienne A*) ;

- des résineux de montagne tel le pin type sylvestre (*Chrétienne A*, *Tradelière*, *Sud-Lavezzi 3*), le pin de Bosnie (*Cavalière*) et le mélèze (*Pointe de la Luque B*) ;

- des essences facilement disponibles tel le pin d'Alep (*Cap de l'Estérel*, *Saint-Gervais III*, *Laurons 2*).

A l'exception de ces dernières pour lesquelles les exigences d'approvisionnement l'emportent, et du hêtre dont la tenue à l'eau est médiocre, les essences dotées de bonnes qualités mécaniques sont préférées pour leur durabilité. Pour la réalisation des massifs d'emplanture où, à l'exception du médiocre - pour une telle fonction - sapin de l'épave de *Saint-Gervais III* qui traduit probablement des difficultés d'approvisionnement, des espèces aux qualités mécaniques élevées, feuillues (chêne) ou résineuses (mélèze, pin de Bosnie) sont utilisées en raison de leur dureté et leur résistance à la compression.



**Photo 4 (en haut) :**

Epave Madrague de Giens. Détail de la coque et de la cargaison.  
Photo A. Chéné et G. Réveillac, Centre Camille-Jullian, CNRS.

**Photo 5 (ci-dessus) :**

Epave Madrague de Giens. Prélèvement à la tronçonneuse.  
Photo A. Chéné et G. Réveillac, Centre Camille-Jullian, CNRS.

	quille	fausse-quille	étrave	brion d'étrave	étambot	contre-étambot	talon d'étamot	carlingue	carlingot	massif	épontille	taillemer
Grand-Congloué												
Baie de Briande												
Chrétienne C	===											
Pointe du Brouil												
Cavalière												
Chrétienne A			FFF									
Dramont C												
Caveaux I												
Jaume-Garde B												
Dramont A	JJJ											
Madrague de Giens						JJJ						
Pointe de Pomègues												
Cap de l'Estérel												
Planier III												
Plane I												
Roche-Fouras												
Tradelière					■							
Sud-Lavezzi 3												
Luque A												
Saint-Gervais III												
Laurons 2												
Luque B												
Laurons 1												

**Tab. I (ci-dessus) :**  
Identification anatomique  
des pièces de charpente  
axiale par épave.

### Bordé (Cf. Tab. II)

Les essences résineuses sont ici largement employées ; leur élasticité élevée, offrant la souplesse nécessaire à la mise en forme des coques selon les procédés de construction bordé premier en usage dans l'Antiquité méditerranéenne (POMEY, 1998), en est probablement la raison. A côté d'essences de montagne tel le mélèze ou le pin type sylvestre, tous deux dotés d'une bonne souplesse et durabilité ainsi que d'une résistance aux chocs et à la compression élevée, une large utilisation du pin d'Alep, essence facile d'approvisionnement, prévaut.

Douze épaves (*Baie de Briande, Chrétienne C, Dramont C, Caveaux I, Cap de l'Estérel, Planier III, Plane I, Roche-Fouras, Tradelière, Sud-Lavezzi 3, Pointe de la Luque A et B*) présentent une forte homogénéité en ne faisant intervenir qu'une seule essence (sapin, mélèze, pin type sylvestre, pin de Bosnie, pin noir) pour la réalisation du bordé.

Six autres (*Pointe du Brouil, Cavalière, Jaume-Garde B, Pointe de Pomègues, Saint-Gervais III, Laurons 1*) offrent une homogénéité convenable en associant deux essences (mélèze et pin d'Alep, pin type sylvestre et pin d'Alep ou pin de Bosnie ou sapin). Le bordé de l'épave de la *Chrétienne C*, qui asso-

Castanea sativa (châtaignier)	■
Olea europaea (olivier)	OOO
Pinus halepensis (pin d'Alep)	■
Pinus maritima (pin maritime)	MMM
Pinus pinea (pin pignon)	IIIII
Quercus ilex (chêne-vert)	
Quercus sp. (chêne)	

Acer campestre (érable)	
Alnus glutinosa (aulne)	
Carpinus sp. (charme)	===
Fagus sylvatica (hêtre)	FFF
Fraxinus sp. (frêne)	
Juglans sp. (noyer)	JJJ
Populus sp. (peuplier)	
Salix sp. (saule)	
Ulmus campestris (orme)	

Abies alba (sapin)	
Larix decidua (mélèze)	
Picea abies (épicéa)	
Pinus leucodermis (pin de Bosnie)	
Pinus nigra (pin noir)	
Pinus type sylvestris (pin type sylvestre)	

cie trois essences, peut être inclus dans ce groupe dans la mesure où seule une virure de sapin a été identifiée tandis que trois virures débitées dans du pin type sylvestre, dont les galbords, ont été notées.

L'épave des *Laurons 2* avec quatre essences différentes (sapin, pin d'Alep, pin pignon, mélèze) pour le bordé se distingue par son hétérogénéité.

A côté de cet ensemble, la *Madrague de Giens* avec son bordé principal en orme, dans lequel le pin noir et le sapin n'apparaissent que lors de réparations, témoigne d'un souci de qualité, attesté aussi par la présence d'un bordé de doublage. Comme ceux des épaves de la *Pointe du Brouil, Dramont A et Pointe de Pomègues*, celui-ci est réalisé en sapin, bois dont l'élasticité et la souplesse répondent bien à la fonction recherchée.

Enfin, il est à noter qu'à *Cavalière, Chrétienne A, la Madrague de Giens, Tradelière, Sud-Lavezzi 3 et la Pointe de la Luque B*, la même essence (pin de Bosnie, pin type sylvestre, orme et mélèze) est employée pour la quille et les bordés de fond, vraisemblablement pour obtenir la meilleure homogénéité possible des assemblages de ces parties fondamentales de la carène.

## Membrure (Cf. Tab. III)

A la différence de la charpente axiale et des bordés, la réalisation de la membrure montre une forte diversité.

L'homogénéité n'est rencontrée que sur cinq épaves avec l'emploi d'une seule essence, aux qualités mécaniques élevées, de plaine ou de montagne : *Chrétienne A* et *Pointe de Pomègues* (chêne), *Pointe de la Luque A* et *B* (mélèze), *Cavalière* (pin de Bosnie).

Neuf autres possèdent encore une membrure relativement homogène dans laquelle interviennent deux ou trois essences : *Baie de Briande* (chêne, érable - présent en un seul exemplaire), *Dramont C* et *Dramont A* (chêne, chêne-vert), *Caveaux I* (chêne, orme), *Jeauge-Garde B* (orme, pin d'Alep), *Plane I* (aulne, peuplier), *Cap de l'Estérel* (chêne caducifolié, chêne-vert, noyer), *Roche-Fouras* (chêne, orme, saule - présent seulement en un exemplaire), *Tradelière* (châtaignier, frêne, noyer).

Ce n'est plus le cas de sept autres épaves dont six (*Chrétienne C*, *Madrague de Giens*, *Planier III*, *Sud-Lavezzi 3*, *Laurons 2*, *Laurons 1*) révèlent quatre à cinq espèces alors que l'épave de *Saint-Gervais III* associe dix essences.

	bordé principal	bordé extérieur	bordé extérieur				
--	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Grand-Congloué							
Baie de Briande							
Chrétienne C							
Pointe du Brouil							
Cavalière							
Chrétienne A							
Dramont C							
Caveaux I							
Jeauge-Garde B							
Dramont A							
Madrague de Giens							
Pointe de Pomègues							
Cap de l'Estérel							
Planier III							
Plane I							
Roche-Fouras							
Tradelière							
Sud-Lavezzi 3							
Luque A							
Saint-Gervais III							
Laurons 2							
Luque B							
Laurons 1							

	varangue	varangue	varangue	varangue	allonge	allonge	allonge	allonge	demi-couple	demi-couple	demi-couple	demi-couple	demi-couple
--	----------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	---------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Grand-Congloué													
Baie de Briande													
Chrétienne C							===	===	===	===			FFF
Pointe du Brouil													
Cavalière													
Chrétienne A													
Dramont C													
Caveaux I													
Jeauge-Garde B													
Dramont A													
Madrague de Giens								JJJ					JJJ
Pointe de Pomègues													
Cap de l'Estérel								JJJ			JJJ		
Planier III	JJJ	JJJ			JJJ	JJJ		JJJ	JJJ	JJJ			
Plane I													
Roche-Fouras													
Tradelière			JJJ	JJJ				JJJ					
Sud-Lavezzi 3										MM			
Luque A													
Saint-Gervais III								FFF		JJJ			
Laurons 2								FFF					
Luque B													
Laurons 1										JJJ			

Tab. II (ci-dessus) :

Identification anatomique des pièces de bordé par épave. Voir légende p.96

Tab. III (ci-contre) :

Identification anatomique des pièces de membrure par épave. Voir légende p.96



mêmes essences que le bordé, à l'exception de la *Chrétienne C* où les serres sont débitées dans du hêtre, du charme et du chêne, de *Dramont C* où les serres sont en sapin et de la *Madrague de Giens* où les vaigres sont taillées, en plus de l'orme, dans du chêne, du pin noir ou du pin type sylvestre.

### **Éléments d'assemblage : languettes et chevilles de bordé, gournables de membrure (Cf Tab. V)**

Très homogènes, ils sont débités dans des bois durs, de préférence dans du chêne-vert. Cependant, on trouve parfois (*Baie de Briande, Cavalière, Chrétienne A, Dramont C, Planier III, Plane I, Roche-Fouras*) des résineux tel le sapin pour la confection des gournables. Mais il est à noter que sur les épaves de *Baie de Briande, Chrétienne A, Planier III* et *Plane I*, les gournables sont traversées par des clous et que sur les épaves de *Dramont C, Cavalière, Plane I* et *Roche-Fouras*, elles sont associées à des ligatures. Il est vraisemblable, dans ces deux cas, que l'usage d'un bois tendre pour les gournables est ici lié à leur fonction secondaire dans ces assemblages mixtes. Enfin, la *Madrague de Giens* se distingue par une plus grande diversité d'essences utilisées car, à côté du chêne-vert, figurent aussi des feuillus (chêne caducifolié, frêne, orme, noyer, cornouiller) et des résineux (pin noir) sans doute tirés - exception faite du cornouiller - des chutes des débits des pièces de structure ; la même remarque peut être appliquée à la *Chrétienne C* où des chevilles et des gournables d'aulne, résultent probablement de chutes lors du débitage des demi-couples.

## **Synthèse xylogologique**

De ces résultats peuvent être dégagées quelques remarques. L'homogénéité taxonomique de la charpente axiale et des bordés contraste avec l'hétérogénéité de la membrure. Un moindre soin semble présider à la constitution de celle-ci dont le rôle apparaît secondaire par rapport aux bordés qui sont l'objet d'un souci de qualité plus marqué.

Cela reflète bien le principe-même de la construction navale antique fondé sur une conception structurale sur bordé dans laquelle ce dernier joue le rôle essentiel à la différence de la membrure qui n'intervient que comme élément de renfort secondaire (POMEY, 1998).

Mais, si un faible nombre d'espèces employées à la construction d'un même navire apparaît comme un facteur d'homogénéité et souvent, lorsqu'il s'agit d'essences dotées de bonnes qualités mécaniques, comme un critère de qualité, la diversité des essences peut traduire aussi bien la complexité des structures, des problèmes d'approvisionnement ou d'utilisation rationnelle des bois disponibles que des réparations sans que l'homogénéité des parties essentielles de la structure soit compromise. L'épave de la *Madrague de Giens*, dont la qualité et le soin de la construction sont évidents en est l'exemple (TCHERNIA *et al.*, 1978). En revanche, il est certain que sur d'autres épaves, telles les *Laurons 2* et *Saint-Gervais III*, cette diversité exprime une réelle hétérogénéité de la structure, et sans doute un moindre souci de qualité, probablement dû à des problèmes de disponibilité de bois d'œuvre.

## **Une localisation géographique des approvisionnements en bois ?**

La diversité des milieux biogéographiques traduite par les nombreuses essences identifiées sur une même épave compromet toute interprétation en terme de localisation géographique du chantier de construction. Néanmoins, une interprétation peut être tentée pour les épaves de la *Pointe de la Luque B* et de *Cavalière* en raison de la très forte homogénéité des essences qui les caractérise. A l'exception des pièces d'assemblage, et de deux virures en pin type sylvestre à *Cavalière*, toutes les pièces de la coque sont débitées dans du mélèze à la *Pointe de la Luque B* et en pin de Bosnie à *Cavalière*. Ces deux espèces dont l'aire de distribution géographique se trouve éloignée du littoral, dans l'étage de végétation subalpin de l'arc alpin, d'une altitude de 1200 m à la limite

supérieure des arbres pour le mélèze, dans les Apennins méridionaux et les Balkans à une altitude supérieure à 1500 m pour le pin de Bosnie, sembleraient au premier abord peu susceptibles d'alimenter un chantier de construction navale. Mais, si l'on tient compte que les aires de distribution du mélèze et du pin de Bosnie à l'époque antique étaient similaires à leurs aires actuelles, des régions maritimes bien définies ont pu s'approvisionner dans des formations forestières situées à des distances n'excédant pas 150 km et le plus souvent distantes de moins d'une centaine de kilomètres seulement.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une construction du navire de la *Pointe de la Luque B* sur les côtes de Provence, de Ligurie ou de Vénétie, les mélèzeins les plus proches du littoral n'étaient distants de la côte de environ 35 km dans le secteur actuel des Alpes Maritimes, d'environ 140 km dans la région marseillaise et de 80 km dans le nord de la mer Adriatique. Pour le navire de *Cavalière*, dans l'hypothèse d'une construction, soit sur la côte campanienne ou calabraise, soit sur la côte illyrique, les formations à pin de Bosnie n'étaient jamais distantes de plus de 50 km du littoral. Dans tous les cas, les billes pouvaient ainsi avoir été flottées jusqu'aux chantiers.

Du fait de l'homogénéité taxonomique des épaves *Pointe de la Luque B* et *Cavalière* et de l'aire limitée de distribution du mélèze et du pin de Bosnie, apparaissent ici deux cas de figure où l'origine géographique des approvisionnements permet de proposer des aires potentielles de construction bien définies. Dans les deux cas, l'importation d'un bois de qualité témoigne d'un souci de construction soignée.

## Caractères anatomiques et utilisation du bois

Parallèlement à la sélection d'essences dont les caractéristiques du plan ligneux (facteur interne) étaient autant que possible les mieux adaptées aux exigences mécaniques d'une pièce donnée, les charpentiers antiques savaient aussi tirer parti des caractères anatomiques conférés par les conditions stationnelles de l'environnement dans lequel les arbres avaient poussé (facteurs externes).

Par exemple, les qualités technologiques des billes chez les essences feuillues au bois caractérisé par une zone initiale poreuse différenciée (chêne à feuillage caduc, orme, frêne) dépendent de l'épaisseur moyenne des cernes et de la régularité de cette épaisseur : la finesse des cernes est un facteur de qualité qui se traduit par un débitage plus facile et des propriétés mécaniques élevées (meilleure aptitude au tranchage, faible retrait). La régularité dans l'épaisseur des cernes induit, pour sa part, une forte homogénéité du bois, une facilité d'usinage et une déformabilité moindre au séchage. La finesse des cernes est aussi un facteur de qualité pour les résineux de haute montagne (résistance mécanique élevée, facilité d'usinage) bien que des nuances sensibles puissent survenir selon les essences et les provenances. Elle produit une texture (rapport de l'épaisseur du bois final du cerne à l'épaisseur totale du cerne) faible chez les essences feuillues à zone initiale poreuse différenciée et forte chez les résineux (VENET, 1986). Consécutivement, pour assurer une certaine flexibilité aux pièces de renfort transversal, l'emploi de tiges de chêne à feuillage caduc ou d'orme ayant poussé rapidement a souvent prévalu ; les cernes annuels offrent une zone de bois final riche en fibres particulièrement large (forte texture) afin d'assurer l'élasticité exigée par ce type de pièce (cas des épaves *Jeauime-Garde B*, *Cap de l'Estérel*, *Laurons 1*).

La densité élevée offerte par les billes de chêne caducifolié de forte texture a aussi été appréciée par les charpentiers antiques pour obtenir des pièces dures, capables de résister convenablement à une compression. Sur le navire de la *Madrague de Giens*, l'épaisseur élevée des cernes aux rapports bois final/bois initial et fibres/vaisseaux élevés sur le massif d'implanture du mât résulte d'un choix délibéré afin de s'assurer d'une pièce de masse élevée et offrant la meilleure résistance possible à la force verticale exercée par le mât. Notons toutefois qu'un tel choix n'a pas guidé les constructeurs de *Saint-Gervais III* où, d'une part, la sélection de l'essence (sapin) et, d'autre part, l'épaisseur importante des accroissements annuels aux rapports bois final/bois initial et fibres/vaisseaux faibles chez les bois d'essences résineuses ont abouti à une pièce peu adaptée à sa fonction.

La finesse des cernes s'accompagne, chez les essences résineuses, d'une texture forte, garante d'une résistance mécanique élevée,

d'un retrait moindre et d'une meilleure aptitude au tranchage. *Chrétienne C*, *Jeume-Garde B*, *Madrague de Giens*, *Pointe de Pomègues*, *Cap de l'Estérel*, *Laurons 2*, *Laurons 1* offrent des séries de virures de forte texture ; en revanche *Dramont C*, *Plane I* et *Saint-Gervais III* n'ont fourni que des virures issues de sujets jeunes ayant poussé très rapidement, à la texture faible.

## Choix des pièces d'après la morphologie des bois

La sélection des tiges par les charpentiers a aussi porté sur des critères d'ordre morphologique. Des bois préformés ont été utilisés pour parer le plus justement possible à la forme de la pièce architecturale. C'est notamment le cas des varangues pour lesquelles des embranchements principaux de troncs - comme en témoigne la très forte dissymétrie des cernes dans la partie médiane des pièces - semblent avoir eu la préférence des charpentiers : *Caveaux I*, *Jeume-Garde B*, *Madrague de Giens*, *Pointe de Pomègues*, *Cap de l'Estérel*, *Planier III*, *Plane I*, *Tradelière*, *Saint-Gervais III*, *Laurons 2*, *Pointe de la Luque B*.

Des bois tors, apparemment issus de sujets de médiocre venue, ont été employés pour la confection de plusieurs pièces de membrure sur les épaves *Plane I*, *Saint-Gervais III*, *Laurons 2*, *Laurons 1* reflétant ainsi le soin moindre apporté à la réalisation de ce type d'éléments par rapport aux virures de bordé et confortant l'idée selon laquelle les pièces de renfort transversal ne jouent pas, dans l'architecture navale antique, un rôle structural important (POMEY, 1998).

## Optimisation de l'utilisation du matériau-bois

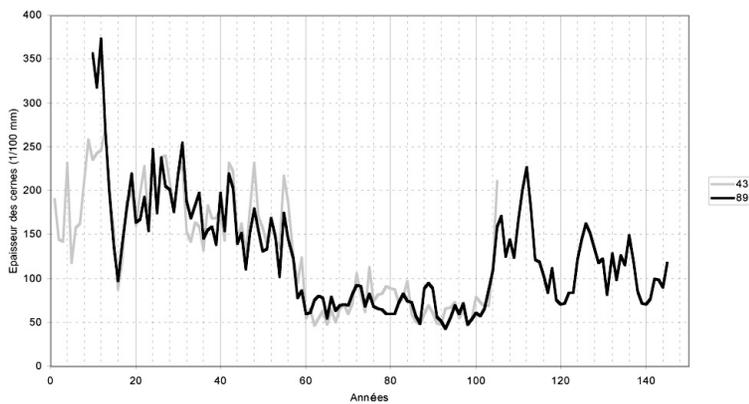
La présence fréquente de l'écorce et de l'aubier sur les éléments de membrure confirme cette observation dans la mesure où l'écorce et l'aubier, bois périphérique fonctionnel distinct du duramen par la couleur (mélèze) et/ou la présence de thyllés qui obs-

truent la lumière des vaisseaux (chêne, orme, noyer), sont, en raison de leur richesse en matières nutritives, facilement vulnérables aux micro-organismes, vers et insectes lignivores ; aussi est-il courant en charpenterie d'éliminer l'ensemble écorce-aubier de la bille.

La présence de tissu cortical a été notée sur un demi-couple en aulne de *Plane I*, une membrure en pin d'Alep de *Jeume-Garde B*, des demi-couples en pin d'Alep aux *Laurons 2* et des membrures en pin d'Alep aux *Laurons 1*. Sur ces deux dernières épaves, la présence d'écorce sur des pièces de membrure débitées dans du pin d'Alep et l'absence d'écorce sur toutes les autres membrures débitées dans des essences feuillues incitent à envisager un regarni de la membrure à base de pin d'Alep, essence largement disponible à proximité des chantiers de construction. Plusieurs membrures de la *Madrague de Giens* présentaient aussi du tissu cortical lors de la campagne initiale de fouille ; ce caractère à première vue contradictoire avec le soin avec lequel les constructeurs de ce navire ont massivement utilisé des essences aux bonnes caractéristiques mécaniques (chêne et orme) soulignerait plutôt le rôle structural secondaire joué par la membrure dans ce mode de construction. Parallèlement à cet enseignement, la présence de l'écorce témoigne d'un emploi de bois vert et souligne l'optimisation de l'utilisation du matériau-bois pratiquée par les charpentiers antiques.

La présence fréquente de l'écorce sur des pièces de membrure atteste l'emploi de bois vert, donc l'emploi rapide du matériau-bois, probablement lié à une plus grande facilité de débitage et de travail ou à des délais de construction brefs, voire les deux. Le débitage rapide des grumes après l'abattage des arbres avait pour avantage de moins émousser le tranchant des outils, d'éviter la formation de fentes de dessiccation à la suite de retraits du bois et de faciliter la pratique du ployage lors de l'assemblage des pièces de bordé (RIVAL, 1991).

Ce souci de gestion du matériau est confirmé par l'analyse dendrochronologique des pièces de même nature au sein d'un même navire. La très forte concordance visuelle que dégagent les courbes représentatives de la variation interannuelle de l'épaisseur des cernes de deux membrures de l'épave de la *Tradelière*, toutes deux en chêne caducifolié, témoigne



**Fig. 2 (ci-dessus) :**  
Synchronisation  
des chronologies  
d'épaisseurs brutes  
de deux membrures  
débitées en chêne  
caducifolié de l'épave  
de la Tradelière.

qu'elles proviennent du débitage de la même bille (Cf. Fig. 2).

Deux raisons peuvent être avancées pour expliquer cette utilisation optimisée du matériau-bois : des raisons économiques liées à des problèmes de disponibilité du matériau, de délai d'acheminement et, vraisemblablement, de coût de celui-ci ; des raisons mécaniques liées au fait que les différences de retrait et de variation dimensionnelle d'un type de débit à l'autre peuvent avoir une incidence sur la bonne tenue des liaisons. Ainsi note-t-on un souci permanent d'alterner la disposition des virures sur parement et sur contre-parement pour éviter d'éventuelles déformations par tuilage et assurer une bonne étanchéité des liaisons entre les virures.

L'impossibilité de distinguer l'aubier du duramen chez la plupart des essences résineuses identifiées parmi les pièces de bordé ne permet pas de noter la présence de cernes

d'aubier sur les virures de bordé. Cependant, l'utilisation de très jeunes billes d'essences résineuses aux accroissements annuels larges, soit locales, comme par exemple à *Saint-Gervais III* (pin d'Alep), soit importées comme à la *Pointe de la Luque B* (mélèze), semble refléter une utilisation optimisée de la totalité de la section de la bille.

## Conclusion

La faible fréquence relative de bois d'œuvre locaux de qualité et l'importation de bois provenant des régions de montagnes voisines témoignent de la rareté en bois d'œuvre local à laquelle furent confrontés les charpentiers de marine antiques. Visiblement gênés par le caractère très limité des ressources locales en bois utilisable pour la construction, les charpentiers semblent avoir accordé, lorsque la forme des pièces le tolérait ou l'exigeait, une large part aux disponibilités occasionnelles d'approvisionnement, à l'utilisation de bois tors et, éventuellement de bois préformés, voire aux emplois. Quelle que soit l'essence, l'utilisation des billes paraît avoir été optimisée afin de tirer le meilleur parti de toute la ressource ligneuse, sous la contrainte possible d'impératifs économiques liés à des délais de réalisation et livraison très rapides.

**F.G., P.P.**

**Frédéric GUIBAL**  
Chargé  
de Recherches CNRS  
Institut  
Méditerranéen  
d'Ecologie  
et de Paléoécologie  
UMR 6116 - CNRS  
Faculté des Sciences  
et Techniques  
de Saint-Jérôme –  
Case 451  
Avenue Escadrille  
Normandie-Niemen  
13397 Marseille  
Cedex 20

**Patrice POMEY**  
Directeur  
de Recherches CNRS  
Centre Camille Jullian  
Maison  
Méditerranéenne des  
Sciences de l'Homme  
UMR 6573 CNRS  
5, rue du Château  
de l'Horloge  
BP 647 13094  
Aix-en-Provence  
Cedex 2

## Bibliographie

- Corona, E. 1983, Dendrocronologia in Italia. Dendrochronologia, 1, pp. 21-35.
- Gianfrotta, P. et Pomey, P., 1980, Archeologia Subacquea : storia, tecnica, scoperte e relitti, Milan, Arnoldo Mondadori ed., 1980.
- Guibal, F., 1992, Comparative analysis of three mediterranean pine series : *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L., *Pinus mesogeensis* Fieschi et Gaussen. Lundqua Report, 33, pp. 132-136.
- Guibal, F. et Pomey, P., 1998, Nouvelles recherches sur les épaves antiques de Méditerranée : dendrochronologie et den-

dromorphologie. Actes du Colloque Navigation, Echanges et Environnement en Méditerranée, 11-14/04/1996, Montpellier, 41-54.

Guibal, F. et Pomey, P., 1999, Essences et qualité des billes employées dans la construction navale antique : étude anatomique et dendrochronologique. Actes du Colloque " Forêt et Marine ". Groupe d'Histoire des Forêts Françaises, 10-13/09/1997, L'Harmattan, Paris, 15-32.

Lambert, G.-N., 1998, La dendrochronologie, mémoire de l'arbre, dans A. Ferdière (ed.) La datation en laboratoire, Collection

- "Archéologiques", Errance éd., Paris, 13-69.
- Lambert, G.-N. et Lavier, C., 1990, Analyses dendrochronologiques des sculptures du retable d'Issenheim. S.F.I.I.C. Journées Besançon, pp. 132-138.
- Lambert, G.-N. et Lavier, C., 1991, Analyse dendrochronologique d'outils en orme de la mine de Château-Lambert (Haute-Saône). C.U.E.R. Regards sur les Vosges Comtoises, Université de Franche-Comté, ISBN 2-904088-07-5, pp. 259-268.
- Pomey, P., 1988, Principes et méthodes de construction en architecture navale antique. In Navires et commerces de la Méditerranée antique. Hommage à Jean Rougé, Cahiers d'Histoire, XXXIII, n°3-4, pp. 397-412.
- Pomey, P., 1998, Conception et réalisation des navires dans l'Antiquité méditerranéenne, dans E. Rieth (dir.) Concevoir et construire les navires. TIP,13, 1, Ed. ERES, Ramonville Saint-Agne, 49-72.
- Rival, M., 1991, La charpenterie navale romaine. Matériaux, méthodes, moyens », Travaux du Centre Camille Jullian, n°4, Paris, Ed. CNRS, 324p.
- Schweingruber, F.H., 1988, Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology. D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, 276p.
- Serre-Bachet, F. 1985, La dendrochronologie dans le bassin méditerranéen. Dendrochronologia, 3, pp. 77-92.
- Tchernia, A., Pomey, P. et Hesnard, A., 1978, L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var) XXXIV<sup>e</sup> suppl. à Gallia, Paris.
- Trenard, Y., 1992, Dendrochronologie : le compte à rebours du bois. In Les veines du temps. Lectures de bois en Bourgogne, Autun, Musée Rolin, ISBN 901.288, 1992, pp. 43-73.
- Venet, J., 1986, Identification et classement des bois français. 2<sup>e</sup> éd., Nancy, ENGREF éd., 311p.
- Wicha, S., 1997, Analyse dendrochronologique de deux épaves antiques Chrétienne A et C. Mémoire de D.E.A. Préhistoire, Archéologie, Histoire et Civilisations de l'Antiquité et du Moyen-Age, Université de Provence.

Cet article fait partie des textes réunis et présentés par Andrée Corvol (Groupe d'histoire des forêts françaises) dans l'ouvrage *Forêt et Marine* édité chez l'Harmattan, 1999, 5-7 rue de l'École Polytechnique 75005 Paris

## Résumé

Les épaves de navires constituent une source privilégiée de documents pour acquérir des séries dendrochronologiques propices à l'établissement de chronologies de référence et pour connaître les modalités de l'utilisation du matériau-bois dans la construction navale antique. L'étude des coques de vingt-huit épaves antiques localisées dans sept secteurs géographiques du littoral méditerranéen français (rade de Marseille, golfe de Fos, îles d'Hyères, côte occidentale des Maures, côte de l'Estérel, baie de Cannes, bouches de Bonifacio), dont la datation basée sur la cargaison et le matériel de bord est estimée entre le 2<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 4<sup>e</sup> s. ap. J.-C., vise à constituer un échantillonnage de référence pour l'analyse dendrochronologique des bois méditerranéens afin de répondre aux besoins de datation des recherches archéologiques.

Préalablement à l'analyse dendrochronologique, l'identification anatomique des échantillons révèle l'emploi de vingt-deux essences. Parmi elles, sept essences sont distribuées à basse altitude dans l'étage de végétation méditerranéen, neuf sont caractérisées par une distribution géographique très large, couvrant l'Europe médio-tempérée et la région méditerranéenne, et six sont des essences résineuses des étages de végétation montagnard et subalpin. Inégalement distribuées, les essences dont le nombre varie de 2 à 12 par navire compromettent toute interprétation en terme de localisation géographique du chantier de construction.

La diversité des essences peut traduire aussi bien la complexité des structures, des problèmes d'approvisionnement ou d'utilisation rationnelle des bois disponibles que des réparations. L'homogénéité taxonomique de la charpente axiale et des bordés contraste avec l'hétérogénéité de la membrure.

La faible fréquence relative de bois d'œuvre locaux de qualité et l'importation de bois provenant des régions de montagnes voisines témoignent de la rareté en bois d'œuvre local à laquelle furent confrontés les charpentiers de marine antiques. Une utilisation du matériau-bois optimisée se dégage, au vu de la large part accordée aux disponibilités occasionnelles d'approvisionnement, de l'utilisation de bois tors ou préformés, voire de remplois, et de la multiplication de débitages issus d'une même

## Summary

---

### The species and qualities of the timber used in shipbuilding in classical times

Shipwrecks provide an outstanding source of raw material from which dendrochronological time series can be deduced. Such series can then be used as a standard chronological reference as well as the basis for understanding the criteria governing the use of wood in shipbuilding in classical times. The study investigated twenty eight wrecks lying in seven different areas off the French Mediterranean coast (the roads approaching Marseille, the Fos gulf, Hyères Islands, the west coast of the Maures promontory, the coast off the Esterel, the bay of Cannes, the entrance to Bonifacio in Corsica). Their dating, deduced from the cargo and the equipment on board and estimated between 2<sup>nd</sup> century BC - 4<sup>th</sup> century AD, was carried out in order to make a reference series available to research archeologists who use the dendrochronological analysis of Mediterranean wood in their dating procedures.

Anatomical identification carried out prior to dendrochronological analysis showed that twenty two tree species had been used. Seven species belong at the low altitude Mediterranean vegetation zone ; nine occur over a very wide geographical range including meso-temperate Europe and the Mediterranean Rim ; and six are resinous species from mountain and sub-alpine vegetation zones. The use of wood types occurs with no particular pattern, numbering from two to twelve per boat, and are thus of limited use in determining the geographic location of the shipyards.

The diversity of the kinds of wood used might indicate, variously, the complexity of a ship's structure, problems of getting supplies, the rational use of each variety or repair work. The regular taxonomic types of wood used for the main members and planks contrasts with the heterogeneous assortment used for the ribs.

## Riassunto

---

### Essenze e qualità dei legni impiegati nella costruzione navale antica : l'apporto dello studio anatomico e dendrologico

I relitti di navi costituiscono una fonte privilegiata di documenti per acquistare serie dendrocronologiche propizie all'accertamento di cronologie di riferimento e per conoscere le modalità dell'utilizzazione del materiale-legno nella costruzione navale antica. Lo studio degli scafi di ventotto relitti antichi localizzati in sette settori geografici del litorale mediterraneo francese (rada di Marsiglia, golfo di Fos, isole di Hyères, costa occidentale dei Mauri, costa dell'Esterel, baia di Cannes, bocche di Bonifacio), di cui la datazione basata sul carico e il materiale di bordo è stimato tra il secondo secolo prima di Cristo e il quarto secolo dopo Cristo, mira a costituire un campionario di riferimento per l'analisi dendrocronologica dei legni mediterranei allo scopo di rispondere ai bisogni di datazione delle ricerche archeologiche.

Innanzitutto all'analisi dendrocronologica, l'identificazione anatomica dei campioni rivela l'impiego di ventidue essenze. Tra esse, sette essenze sono distribuite a bassa altitudine nello stadio di vegetazione mediterraneo, nove sono caratterizzate da una distribuzione geografica assai larga, coprendo l'Europa medio-temperata e la regione mediterranea, e sei sono essenze resinose degli stadi di vegetazione montano e subalpino. Inegualmente distribuite, le essenze di cui il numero varia tra 2 e 12 per nave compromettono ogni interpretazione in termini di localizzazione geografica del cantiere di costruzione.

La diversità delle essenze può tradurre tanto la complessità delle strutture, dei problemi di approvvigionamento o di utilizzazione razionale dei legni disponibili quanto delle riparazioni. L'omogeneità tassonomica dell'armatura assiale e delle bordate contrasta con l'eterogeneità della costa.

La debole frequenza relativa dei legnami locali di qualità e l'importazione di legname provenienti da regioni di montagne vicine mostrano la scarsità in legname locale alla quale furono confrontati i carpentieri di marina antichi. Una utilizzazione ottimizzata del materiale-legno si evidenzia, alla luce della larga parte accordata alle disponibilità occasionali di approvvigionamento, dell'utilizzazione del legno torto o preformato, anzi di reimpiego, e della moltiplicazione di tagli usciti dello stesso tronco.