



Giulia Boetto, Patrice Pomey et André Tchernia (dir.)

Batellerie gallo-romaine
Pratiques régionales et influences maritimes méditerranéennes

Publications du Centre Camille Jullian

7.2. – Étude dendrologique de l'épave *Arles-Rhône 3*

Dendrological study of the Arles-Rhône 3 shipwreck

Sandra Greck et Frédéric Guibal

DOI : 10.4000/books.pccj.1108
Éditeur : Publications du Centre Camille Jullian, Éditions Errance
Lieu d'édition : Aix-en-Provence
Année d'édition : 2011
Date de mise en ligne : 13 février 2020
Collection : Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine
EAN électronique : 9782957155781



<http://books.openedition.org>

Édition imprimée

Date de publication : 1 novembre 2011

Référence électronique

GRECK, Sandra ; GUIBAL, Frédéric. 7.2. – Étude dendrologique de l'épave *Arles-Rhône 3* In : *Batellerie gallo-romaine : Pratiques régionales et influences maritimes méditerranéennes* [en ligne]. Aix-en-Provence : Publications du Centre Camille Jullian, 2011 (généré le 18 octobre 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pccj/1108>>. ISBN : 9782957155781. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pccj.1108>.

Le texte seul est utilisable sous licence . Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

7.2. - Sandra GRECK et Frédéric GUIBAL

Étude dendrologique de l'épave *Arles-Rhône 3*

Résumé

La mise en œuvre des analyses xylologique, dendromorphologique et dendrochronologique sur l'épave *Arles-Rhône 3* est venue enrichir l'analyse architecturale de l'embarcation.

L'analyse xylologique a révélé l'emploi de chêne caducifolié pour le fond de l'embarcation et la charpente transversale, tandis que les parties hautes du bordé sont réalisées dans du bois de sapin, épicéa et chêne. Pour les aménagements internes, sapin, épicéa, chêne et pin de *type* sylvestre ont été identifiés.

L'analyse dendromorphologique a permis de définir les modes de débitage des pièces au sein des tiges d'arbres et d'en restituer le diamètre minimal d'origine.

L'analyse dendrochronologique a permis de bâtir deux chronologies moyennes de sapin et une d'épicéa longues de plus de 150 années qui, en raison d'une représentativité réduite, demeurent à ce jour flottantes. Toutes ces analyses seront poursuivies à l'issue des futures opérations de terrain.

Mot-clefs

Antiquité, Arles, bois, dendrochronologie, dendromorphologie, épave, radiocarbone, Rhône, xylologie

Dendrological study of the *Arles-Rhône 3* shipwreck

Summary

The xylological, dendromorphological and dendrochronological analyses of the *Arles-Rhône 3* shipwreck enhanced the architectural analysis of the boat.

Xylological analysis revealed the use of deciduous oak for the bottom of the boat and transverse carpentry and that of fir, spruce and deciduous oak timber for the upper strakes. For the internal fittings, fir, spruce, deciduous oak and Scots pine timber were identified.

Dendromorphological analysis made it possible to outline wood-working patterns within the tree boles and to infer the initial minimal diameter.

By means of dendrochronological analysis, it has been possible to build up two mean chronologies for fir and one chronology for spruce which all are longer than 150 years but which remain floating because of a still low representativeness. All of these analyses will be carried on following the next fieldwork campaigns.

Key-words

Antiquity, Arles, timber, dendrochronology, dendromorphology, shipwreck, radiocarbon, Rhone river, xylology

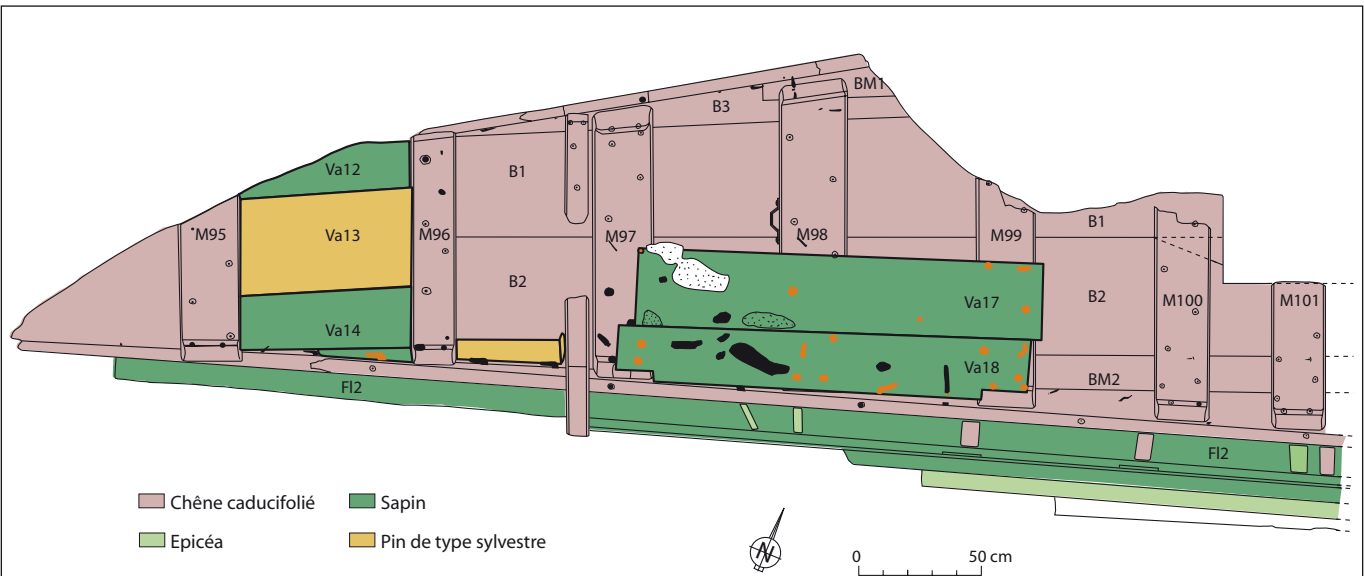


Fig. 1. Répartition des essences de bois au sein des pièces architecturales, plan de la partie arrière (relevé J. Dez, S. Greck, S. Marlier ; DAO S. Greck, Arkaios).

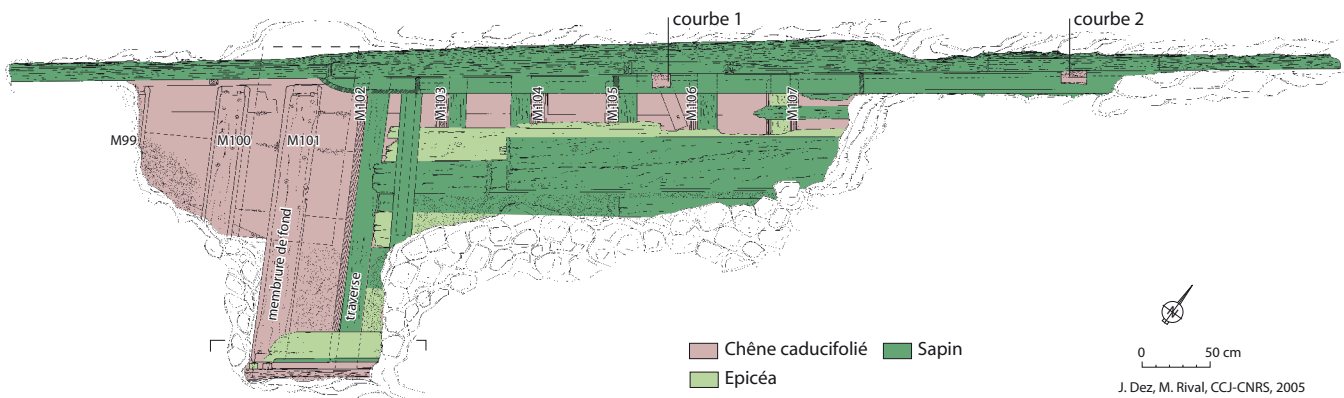


Fig. 2. Répartition des essences de bois au sein des pièces architecturales, plan de la partie centrale (relevé J. Dez, 2ASM et M. Rival, V. Dumas, CCJ/CNRS ; DAO S. Greck, Arkaios).

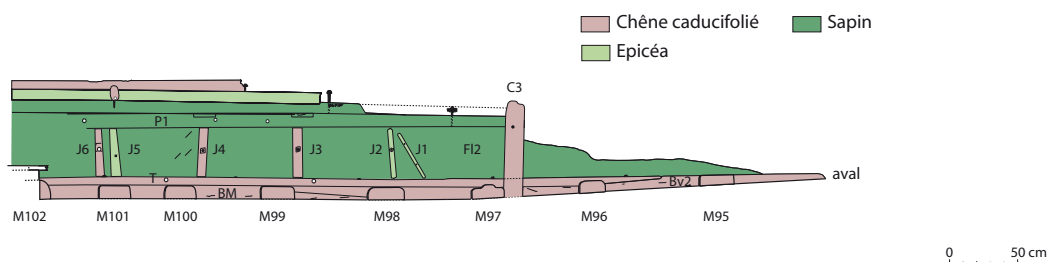


Fig. 3. Répartition des essences de bois au sein des pièces architecturales, élévation intérieure du flanc tribord (relevé S. Greck, S. Marlier ; DAO S. Greck, Arkaios).

1. Introduction

Document archéologique de première importance pour l'histoire des techniques de construction des navires, le bois mérite aussi d'être l'objet d'observations et d'examen prenant en compte son origine biologique. Le bois n'est, en fait, qu'un tissu secondaire de l'arbre, composé majoritairement de cellules aux parois lignifiées, et on ne le rencontre que dans certains de ses organes : le tronc, les branches et les racines. Lorsque l'objet est examiné dans ce contexte, il renvoie à l'organe dont il provient, à un genre ou une espèce d'arbre, et peut ainsi documenter la réalisation de la pièce et enrichir l'étude seule de la plus-value apportée par le geste de l'homme au matériau.

Justifié par l'état exceptionnel de conservation des structures en bois, l'examen des caractéristiques morphologiques et anatomiques des pièces de l'épave *Arles-Rhône 3* a débuté lors des opérations d'expertises et de sondage de 2005 à 2007 sur la partie de l'embarcation alors dégagée, c'est-à-dire depuis l'extrémité arrière jusqu'au début du caisson situé dans la partie centrale. Cette étude vise à préciser les critères de sélection et les modes d'utilisation des bois par les charpentiers antiques, depuis le choix des essences en fonction des pièces (analyse xylologique) jusqu'à leur mise en place en fonction de leur forme et de leur type de débit (analyse dendromorphologique) et à dater, à l'année près, l'année d'abattage des arbres dans lesquels les pièces ont été confectionnées (analyse dendrochronologique). Les résultats viennent compléter ceux de l'analyse architecturale de l'épave *Arles-Rhône 3* dont rend compte l'article de S. Marlier dans ce même volume.

2. Analyse xylologique

2.1. Objets et méthodes

Chaque échantillon a fait l'objet d'une observation macroscopique à la loupe binoculaire et d'un examen, au microscope optique, de coupes minces effectuées à la lame de rasoir selon les trois plans traditionnels (transversal, longitudinal tangentiel et longitudinal radial) montées entre lame et lamelle. L'examen vise à identifier un taxon (espèce, genre, famille) sur la base de la reconnaissance de caractères qualitatifs ou quantitatifs qui affectent les différentes cellules qui composent le tissu ligneux. L'analyse de soixante-neuf échantillons, menée sur consultation des atlas d'anatomie des

bois européens (Jacquot 1955 ; Jacquot *et al.* 1973 ; Schweingruber 1978 et 1990), a conduit à l'identification de quatre taxons : chêne caducifolié (*Quercus* sp.), sapin (*Abies* sp.), épicéa (*Picea abies* (L.) Karst) et pin de *type* sylvestre (*Pinus* sp.)¹.

Répartition des essences

Un contraste se dégage entre la structure primaire, taxinomiquement homogène, et les parties hautes du bordé qui révèlent une plus grande diversité des essences employées (**fig. 1, 2 et 3**). Le chêne caducifolié semble avoir été réservé pour tout le fond de l'embarcation (bordages de sole, bouchains et tasseaux longitudinaux) et pour la charpente transversale (varangues plates et courbes). En revanche, les parties hautes du bordé, conservées à tribord, sont réalisées dans le bois de trois essences distinctes : le sapin a essentiellement été utilisé, comme l'attestent le flanc en demi tronc et une planche de surélévation, une autre planche de surélévation a été confectionnée en épicéa et le plat-bord est en chêne.

L'emploi d'une grande diversité d'essences semble aussi avoir présidé pour l'ensemble des aménagements internes. S'agissant des éléments horizontaux recouvrant le fond de l'embarcation, les traverses situées sur les varangues, les planches de vaigrage et la pièce transversale à feuillures sont en sapin, majoritairement, et en épicéa ; les planches de doublage, à l'extrémité arrière, sont en sapin et en pin de *type* sylvestre. Quant aux aménagements verticaux, les deux cloisons internes de la partie centrale sont en sapin, les jambettes et la planche de soutien aménagées sur le bordé tribord arrière sont en chêne et en épicéa, et le taquet est en chêne.

Sélection des essences

Il ressort que les charpentiers ont délibérément sélectionné le chêne pour les parties inférieures, essence plutôt lourde, résistante et durable, particulièrement bien adaptée à recevoir des charges importantes et à assurer la stabilité de la structure.

La lisse de plat-bord et le taquet tribords sont aussi confectionnés dans du bois de chêne, essence parfaitement apte, par sa résistance, à supporter les frottements causés par les manœuvres de navigation et d'accostage et à assurer protection et durabilité.

¹ L'impossibilité de différencier l'anatomie du bois du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) de celle du pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond.) et du groupe des pins noirs (*Pinus nigra*) nous amène à regrouper les taxons sous l'appellation « pin de *type* sylvestre ».

Les essences résineuses utilisées pour la réalisation des flancs et des aménagements internes reflètent l'emploi de taxons offrant une résistance et une durabilité moindres que le chêne mais couramment employés en architecture navale (Rival 1991) et fluviale (Arnold 1992 ; Rieth 1998). Leur utilisation sur le bateau peut être liée à des contraintes d'approvisionnement, à une sélection délibérée d'essences de moindre qualité, notamment pour la réalisation des planches de vaigrage et de doublage destinées à recevoir la cargaison et protéger ainsi la structure principale, ainsi qu'au emploi de structures comme semblent le montrer certaines planches présentant des caractères non fonctionnels (aménagement d'encoches, chevilles sciées, clous rabattus). Une autre justification peut être liée à la densité des essences résineuses, moindre que celle du chêne, permettant, de ce fait, d'alléger l'ensemble du chaland destiné à transporter une cargaison pondéreuse et confectionné, dans toute sa partie basse, d'une essence lourde.

Les données relatives à l'identification et à la sélection des bois utilisés pour la confection des chalands de type monoxyle-assemblé gallo-romains de la vallée du Rhône étaient encore assez pauvres avant les études de ceux d'Arles et de Lyon Parc St-Georges (Rieth 2010). Les premiers éléments de comparaison disponibles pour l'épave *Arles Rhône 3* concernent deux épaves datées du I^{er} s. ap. J.-C. Il s'agit du bateau de Chalon-sur-Saône dont la sole, le bordé monoxyle de transition ainsi que les courbes, seuls éléments conservés, sont en bois de chêne (Lonchambon 2000). Le chaland de la place Tolozan de Lyon se compose aussi d'une sole et d'un bordage monoxyle de transition en chêne, tandis qu'une virure interprétée comme étant un bordage de surélévation du bouchain est en bois de résineux. Le bois des membrures n'est malheureusement pas spécifié (Becker, Rieth 1995).

Origine géographique et propriétés physiques des essences

L'analyse xylologique a révélé l'emploi massif du chêne à feuillage caduc (*Quercus* sp.) qui compte parmi les essences arborescentes dominantes des plaines et de l'étage collinéen du bassin hydrographique rhodanien.

Les espèces rattachées à ce groupe sont nombreuses et la seule étude anatomique de leur bois ne permet pas de les différencier. Bien que ces espèces présentent la singularité de pouvoir donner naissance à des hybrides aux caractères morphologiques intermédiaires, il est possible de retenir trois espèces de chênes caducifoliés dont les bois ont pu être utilisés pour la construction du chaland *Arles-Rhône 3*. Il s'agit du chêne pédonculé

(*Quercus robur* L.), du chêne sessile (*Q. petraea* Liebl.) et du chêne pubescent (*Q. pubescens* Willd.). Les deux premiers se rencontrent depuis la moyenne vallée du Rhône jusqu'à la base de l'étage montagnard et se différencient du chêne pubescent par leur taille (20 à 40 m) et leur utilisation. Leurs bois, tendres à durs, possèdent les mêmes caractères, propriétés et usages : ils se travaillent bien, sont d'excellente qualité et durables. Leurs emplois sont multiples, mais autrefois, ils étaient surtout utilisés en construction navale, pilotis, charpente, ponts, etc., leur durabilité sous l'eau étant presque sans limites. Le chêne pubescent est un arbre de plus petite taille (10 à 25 m). Les utilisations de son bois sont donc limitées par la forme et la dimension de ses troncs ; de nature dense et dure, voire noueux, il est plus difficile à travailler, mais peut être occasionnellement utilisé pour la charpente et la construction navale (Lieutaghi 2004). Ces caractères font de ce bois un candidat moins certain, bien que possible, à la construction d'une embarcation.

Les trois essences résineuses identifiées sont des essences de montagne. Le sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) est la principale essence résineuse de l'étage de végétation montagnard humide de l'Europe moyenne et méridionale. Constituant parfois des peuplements purs, il est souvent associé à d'autres essences tel le hêtre ou l'épicéa. En France, il est commun de tous nos massifs montagneux (Alpes, Jura, Vosges, Massif Central, Pyrénées, Corse) à des altitudes variables, de 400 m dans les Vosges à 1700 m en Corse (Jacamon, Girardet 1987). Il s'agit d'une espèce péréalpine à tendance méridionale que l'on rencontre fréquemment sur des ubacs du fait de son besoin d'humidité atmosphérique importante (Bert 1992). Son aire française est comprise entre les isothermes 0 et 8°C. Nécessitant une humidité atmosphérique élevée, il résiste mal à la sécheresse. Une pluviosité annuelle moyenne de 800 mm est nécessaire à sa croissance. Malgré sa bonne résistance au froid hivernal, cette espèce est particulièrement sensible aux gelées tardives qui limitent son extension altitudinale mais aussi aux fortes températures estivales (Jacamon, Girardet 1987). Les sapinières les plus proches de la région d'Arles se trouvent à des altitudes supérieures à 1000 m sur la face nord du Mont-Ventoux, dans les Préalpes et Alpes méridionales, et dans la montagne ardéchoise.

L'épicéa (*Picea abies* (L.) Karst.) est une essence très présente dès 700 m dans l'étage montagnard et dans le faciès humide de l'étage sub-alpin où l'on peut le rencontrer jusqu'à la limite supérieure des arbres (Alpes, Jura, Vosges, massifs d'Europe centrale). Bien que très tolérant vis-à-vis de nombreux facteurs, notamment au

froid et aux gelées de printemps, il préfère des stations aux étés frais, sur des sols acides et à bonne alimentation en eau en raison de son enracinement plutôt superficiel. Il préfère les climats humides, mais résiste bien à la sécheresse atmosphérique dans la mesure où le sol est suffisamment alimenté en eau. Il trouve son optimum dans les Alpes externes nord et nord-occidentales où il conquiert des territoires très diversifiés, sous toutes les expositions et sur tous les sols (Jacamon, Girardet 1987). L'essence est très commune dans les Alpes françaises du Nord ; les pessières les plus proches de la région d'Arles se trouvent disséminées dans les Alpes du Sud sur des surfaces assez réduites, du Briançonnais au Mercantour à des altitudes supérieures à 1400 m.

Le pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) est une essence de pleine lumière qui redoute les mauvaises expositions. Il apparaît en pionnier sur des surfaces encore libres d'arbres, sur les talus, sur les surfaces incendiées, sur les terrains abandonnés par l'agriculture, avant de faire place à des espèces plus compétitives qui forment des peuplements denses. Les pins sylvestres ne se succèdent à eux-mêmes que dans des biotopes particuliers (sols humides, pauvres en oxygène, sur des versants ensoleillés et secs). Ses bois naturels sont clairs, ses stations montagnardes situées aux adrets. Très rustique, peu exigeant sur les qualités physiques et la fertilité du sol, il accepte tous les substrats et ne craint ni le froid, ni les gelées printanières, ni la sécheresse. Répandu dans l'étage montagnard de tous nos massifs montagneux sauf dans le Jura et en Corse, il est particulièrement abondant dans l'est du Massif Central et dans les Alpes du Sud, mais plutôt disséminé dans les Alpes du Nord (Lieutaghi 2004). L'abondance du pin sylvestre dans les Alpes du Sud fait de cette espèce un candidat plus sérieux que le pin noir ou le pin à crochets à la confection des aménagements internes. Pour cette raison, l'aire de distribution géographique de ces taxons ne sera pas détaillée ici ; le lecteur intéressé pourra se reporter à la synthèse réalisée par P. Ozenda (1994).

Chercher à établir une zone potentielle de construction d'un navire à partir d'une liste d'essences obtenues au terme de l'identification anatomique d'un assemblage de vestiges d'une épave constitue un exercice périlleux. La représentativité des vestiges analysés, la fréquence relative de l'essence parmi les vestiges, la distance de l'emplacement de l'épave à l'aire de distribution géographique, l'étendue de celle-ci, les facilités et les disponibilités d'approvisionnements en bois lors de la construction sont autant de variables qui rendent cette tâche ardue. L'exercice est incontestablement plus facile lorsqu'une seule essence est identifiée parmi les

vestiges. Encore faut-il que l'aire de distribution géographique de cette essence ne soit pas trop vaste (Guibal, Pomey 2003 et 2004).

Au vu des résultats de l'identification anatomique, deux hypothèses peuvent être prudemment avancées quant au lieu de construction d'*Arles-Rhône 3* :

- le chaland a été construit dans les environs d'Arles avec une matière première importée, vraisemblablement par flottage, sur des cours d'eau du réseau hydrographique rhodanien et/ou remployée à la suite du démantèlement d'autres embarcations,

- le chaland a été construit au débouché fluvial de versants sur lesquels des sapinières et des pessières étaient installées. De nombreux sites fluviaux localisés à des latitudes voisines de massifs préalpins (Vercors, Chartreuse) ou de la chaîne jurassienne peuvent avoir abrité un tel chantier de construction.

3. Analyse dendromorphologique

Mené en complément de l'analyse dendrochronologique, ce type d'analyse porte sur un ensemble de caractères dont l'observation permet de déduire des renseignements relatifs à l'aspect des arbres utilisés (rectitude du tronc, embranchements, présence de nœuds), à leur âge et à leur patron de croissance radiale général. Les modes de débitage des billes et d'éventuelles marques d'outils ou d'usage sont aussi relevés lors des observations qui relèvent de ce type d'analyse. L'ensemble de ces données nous apporte des éléments de définition de la mise en œuvre des bois pour la construction et alimente l'histoire de l'emploi et de l'aménagement des pièces architecturales au sein du bateau.

À ce jour, seuls vingt-sept échantillons ont fait l'objet d'observations morphologiques. L'examen de la forme des pièces, de la courbure des cernes et de leur distance à la moelle, bien visibles en section transversale, permet de définir les modes de débitage des pièces au sein des tiges d'arbres (tronc, branches) et d'en restituer le diamètre minimal d'origine. Les observations effectuées nous apportent les premières informations qui mèneront, à terme, à la définition de l'exploitation de la matière première nécessaire à la construction de l'épave *Arles-Rhône 3*.

La charpente longitudinale est constituée de bordages dont la section montre des cernes de croissance annuelle proches du centre de la bille, ce qui permet d'en déduire que les bordages 2 et 3 ont été débités respectivement

dans des billes de 60 cm et de 40 cm de diamètre. Le mode de débit radial sur quartier de ces bordages, défini par l'observation de la position relative du cœur du bois, a pour principal avantage de conserver à ces débits toutes leurs caractéristiques mécaniques et de présenter, à la dessiccation, le taux de rétractabilité le plus faible². Le bordage monoxyle de transition, de section courbe, a été débité sur quartier, dans un demi-tronc de longue dimension. Quant au bordage de flanc en demi-tronc de sapin, il s'agit d'une longue pièce monoxyle sciée sur dosse dans une bille de 70 à 80 cm de diamètre. L'étude morphologique couplée à l'analyse dendrochronologique de l'autre pièce de flanc nous apprendra si, comme nous le pensons, les deux flancs ont été débités dans un même tronc d'arbre.

Concernant la charpente transversale, les varangues plates, débitées sur quartier et à cœur, ont été réalisées à partir de billes de bois d'au moins 30 cm de diamètre environ. Le tasseau surélevant le bouchain bâbord a été débité sur quartier dans le bois d'un arbre d'au moins 20 cm de diamètre. Les courbes proviennent d'embranchements : la partie verticale de la pièce a été débitée et équarrie dans un quart de tronc (la courbe 1 a été réalisée dans une bille issue probablement d'un tronc d'environ 20 cm de diamètre) tandis que la partie horizontale provient d'une branche seulement épannelée (de 11 cm de diamètre pour la courbe 1) (**fig. 4**). Il s'agit d'un bois préformé, choisi et prélevé par les charpentiers antiques pour s'adapter parfaitement aux fonctions que la pièce remplissait au sein de l'architecture du bateau. Son profil en L assurait une liaison entre le fond et le flanc et un renfort solide procuré par les fibres naturelles du bois dont les charpentiers devaient tirer parti.

S'agissant des aménagements internes, les planches de vaigrage et les cloisons résultent de débitage tantôt sur quartier tantôt sur dosse et montrent une morphologie assez différente les unes des autres. Les planches en bois d'épicéa, débitées sur quartier ou faux-quartier dans des billes de bois d'un diamètre minimum compris entre 20 et 38 cm, sont en général de dimensions inférieures (largeur de 14 à 31 cm pour une épaisseur de 2 à 2,6 cm) à celui des planches de sapin (21 à 39 cm de largeur pour 2,3 à 5 cm d'épaisseur), débitées essentiellement sur faux-quartier ou fausse-dosse dans des billes de bois d'un diamètre de 32 à 60 cm au moins. Cet examen associé à l'étude des courbes de la variation temporelle de l'épaisseur des cernes (*cf. infra* : analyse dendrochronologique)

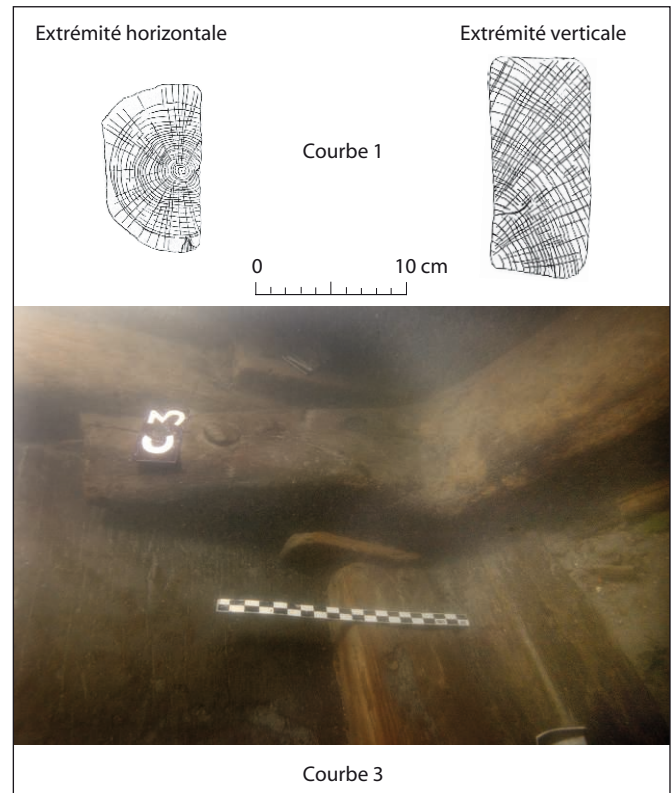


Fig. 4. Illustration du débit des courbes issues d'embranchements (dessin S. Greck, Arkaeos ; photo C. Durand, CCJ/CNRS).

révèle que certains éléments d'architecture proviennent du même arbre. Les planches de vaigrage Va5 et Va10, débitées sur dosse, sont issues d'un sapin dont le tronc devait mesurer au moins 27,5 cm de diamètre (**fig. 5**).

Les planches de doublage de la sole situées dans la partie arrière du bateau ainsi qu'une partie des planches de vaigrage, démontées dans leur ensemble et étudiées à terre, ont pu faire l'objet d'observations précises fournissant des indices sur le façonnage et l'emploi de ces planches. Ceux-ci se caractérisent, d'une part, par des traces laissées par les outils à la surface du bois. Ces traces sont définies par des stries peu profondes, rectilignes à courbes, plus ou moins parallèles, plus ou moins rapprochées, disposées diagonalement ou transversalement au fil du bois, espacées de 1 à 5 mm les unes des autres, plus resserrées à l'endroit des noeuds (**fig. 6**). Elles sont caractéristiques du sciage manuel qui produit des traces irrégulières, d'intensité variable selon la force des scieurs et la dureté du bois (Grenouiller 1993).

D'autre part, un ensemble de traces témoins de l'usage et de l'usure des planches dans l'aménagement de l'épave ont été relevées. La morphologie des planches de doublage de la sole indique qu'elles ont

² Observations de Michel Rival à partir du prélèvement de flanc et de fond de l'épave effectué en 2005 (Long *et al.* 2005). En ce qui concerne le débitage des bois, voir Rival 1991.

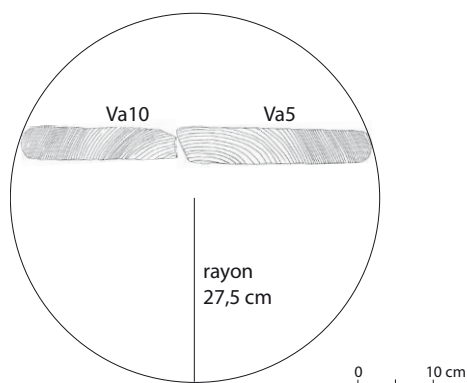


Fig. 5. Restitution graphique de deux sections de planches au sein d'un tronc d'arbre (dessin S. Greck, Arkaeos).



Fig. 6. Face externe de la planche de doublage Va13, détail des traces de sciage (en haut, à gauche) et détail des chevilles sur une des extrémités de la face externe (en haut, à droite) (photo C. Durand, CCJ/CNRS).

toutes été découpées et ajustées aux espaces compris entre les membrures. D'autres indices nous renseignent sur l'aménagement de l'intérieur de la partie arrière du bateau. Une cale, utilisée pour l'ajustage de la planche de doublage Va16 contre la courbe C3 (**fig. 1** et **5**) a été débitée dans la même essence que cette planche si bien qu'il est envisageable qu'elles aient été réalisées en même temps voire à partir du même bois de pin de type sylvestre. Un copeau de bois découvert au fond de l'épave entre la sole et le vaigrage, issu d'un déchet de taille d'une pièce en bois de sapin, obtenu à l'aide d'un outil servant à dresser ou dégrossir les surfaces du

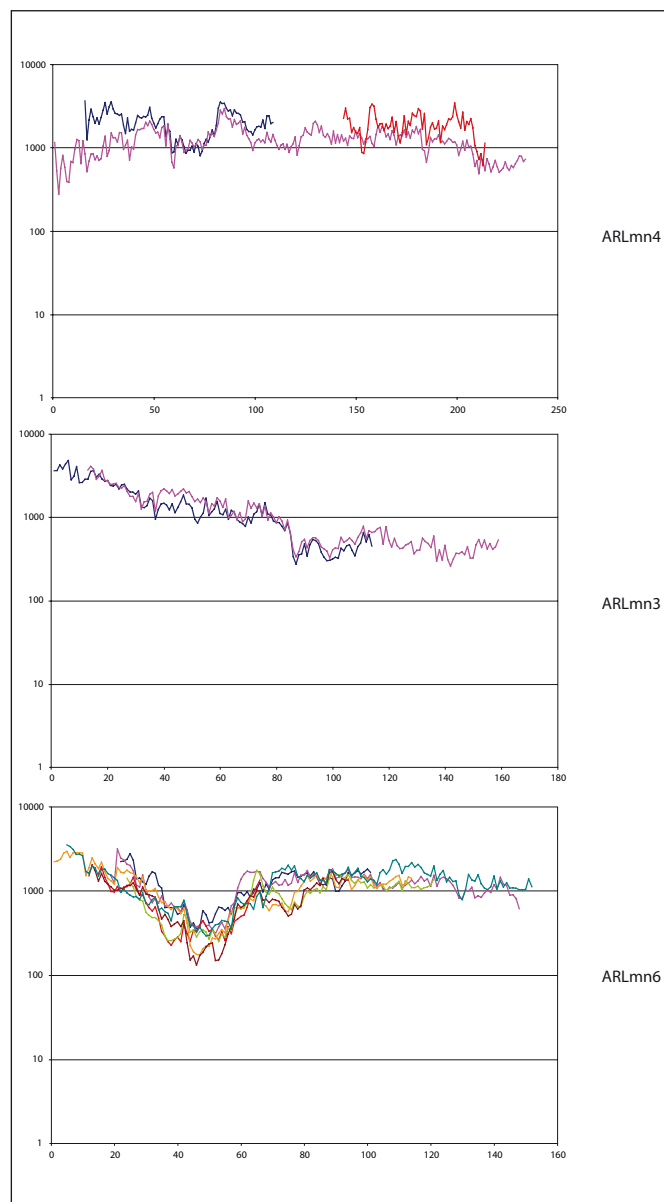


Fig. 7. Variations interannuelles des épaisseurs brutes (1/1000 mm) des séries incluses dans ARLmn4, ARLmn3 et ARLmn6 (graphique F. Guibal, IMEP/CNRS).

bois (rabot ou plane), comme l'indiquent les traces laissées par la lame (Grenouiller 1993), est probablement à mettre en relation avec la mise en place des planches de doublage ou de vaigrage en bois de sapin situées dans cette partie du bateau. La planche de vaigrage Va18 possède deux encoches rectangulaires pratiquées aux angles opposés d'un de ses côtés situé à tribord (**fig. 1**), non fonctionnelles et résultant très probablement d'un aménagement antérieur voire étranger au bateau. La planche de doublage Va13 possède aussi des traces d'aménagement inutiles tels le chanfrein pratiqué sur l'arête d'une extrémité et les chevilles de bois transversales disposées

le long de l'extrémité opposée (**fig. 6**). Enfin, la planche de vaigrage Va10 située au sein du plancher de cale dans la partie centrale du bateau, présente un clou rabattu ayant servi antérieurement à fixer cette planche au sein d'un autre aménagement. Ces différentes observations, confortées par l'hétérogénéité des taxons résineux identifiés au sein de ces planches d'aménagement interne, nous montrent que l'ensemble du plancher gisant au fond du chaland semble constitué d'éléments remployés.

4. Analyse dendrochronologique

L'analyse a été entreprise dans les buts suivants :

- dater à l'année près l'abattage des arbres dans lesquels les pièces ont été confectionnées et parvenir ainsi à dater l'embarcation plus précisément que par la méthode du radiocarbone qui a permis d'obtenir sur un fragment de bois recueilli sur le flanc en 2004 la date Lyon-2913 : 1935 ± 35 BP, soit en âge calibré : de -15 av. J.-C à 130 ap. J.-C.
- préciser éventuellement quelles sont les pièces débitées à partir d'un même arbre.

L'analyse consiste d'abord à synchroniser les séries de cernes représentatives de différentes pièces d'une même essence en identifiant des séquences de cernes similaires, puis, à les dater par le même procédé, c'est-à-dire en les synchronisant avec une chronologie dite de référence, car déjà datée à l'année près (Langouët, Giot 1992).

Dix-huit pièces, parmi lesquelles douze vaigres, un flanc et une traverse, toutes en essences résineuses, deux membrures et deux courbes en chêne ont été analysées. Après un rafraîchissement effectué à la lame de rasoir afin d'améliorer la lecture des cernes sur les pièces gorgées d'eau, toutes les séries d'épaisseurs de cernes ont été mesurées avec une précision de 1/1000 mm sur la table à mesurer LINTAB6 (Frank Rinn®). Afin d'amoindrir autant que possible l'effet d'éventuelles variations propres à l'orientation sur le tronc, deux mesures (séries élémentaires) par pièce ont été effectuées, toutes les fois où le débitage des pièces le permettait.

Neuf pièces pour lesquelles des synchronismes ont pu être établis ont permis de constituer trois ensembles distincts. Le flanc bâbord (F11) et une vaigre (Va9) de sapin ont permis de construire une chronologie moyenne (ARLmn4) longue de 234 années. Deux vaigres (Va5, Va10) issues de la même bille de sapin, comme l'attestent le quasi-parallélisme de leurs courbes de croissance et leur forte corrélation inter-sérielle ($t = 12.25$), ont abouti

à la construction d'une chronologie moyenne (ARLmn3) longue de 159 années. Cinq vaigres en épicéa (Va3, Va4, Va6, Va8, Va11) ont permis de construire une chronologie moyenne (ARLmn6) longue de 152 années (**fig. 7**).

Les écarts notés entre les années terminales des séries élémentaires intégrées dans une même chronologie moyenne (45 années pour ARLmn3, 20 années pour ARLmn4, 86 années pour ARLmn6) traduisent davantage les conséquences du débitage des billes sur dosse plutôt que des abattages effectués à des dates différentes. L'absence de synchronisme, tant statistique que visuel, entre les deux chronologies moyennes de sapin ARLmn3 et ARLmn4 est de toute évidence liée à la médiocre représentativité statistique de ces deux moyennes qui ne reflètent respectivement que deux et un seul arbre, ce qui est trop insuffisant pour minimiser la part de variance inter-individuelle au sein d'une chronologie moyenne. La différence taxinomique entre les chronologies moyennes de sapin et la chronologie moyenne représentative de l'épicéa ARLmn6 explique l'absence de synchronisme d'une essence qui, bien que souvent représentée dans des peuplements en mélange avec le sapin, ne présente pas les mêmes exigences écologiques que celle-ci (Jacamon, Girardet 1987).

Aucun synchronisme n'a pu être dégagé de l'analyse des quatre pièces de chêne, la série individuelle la plus longue (150 cernes) étant fournie par la membrure 101 qui a conservé 11 cernes d'aubier.

Les chronologies moyennes ont ensuite été confrontées à des chronologies de référence représentatives des massifs alpin et jurassien et du nord-est de la France en vue de les dater avec d'autres chronologies moyennes locales de sapin, d'épicéa et de chêne antiques. Elles ont aussi été comparées à d'autres chronologies moyennes issues d'un ensemble de gisements sous-marins (*Pointe de Pomègues*, *Pointe du Brouil*, *Baie de Briande*, *Chrétienne C* pour le sapin ; *Planier III* pour l'épicéa) analysés dans le cadre du programme de recherche intitulé « Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée » (Guibal, Pomey 2003 et 2004) et l'épave *Arles-Rhône 2* (Guibal 1992). Une tentative de synchronisation a aussi été faite sur une chronologie de sapin antique représentative de la zone frontalière austro-suisse aimablement mise à notre disposition par K. Nicolussi (étude non publiée).

A l'issue de ces tentatives, aucune corrélation significative, tant statistique que visuelle, n'a permis de dater les chronologies moyennes de l'épave *Arles-Rhône 3* qui demeurent donc, à ce jour, flottantes. La représentativité

statistique insuffisante des chronologies moyennes obtenues à ce jour est très certainement la cause de cet échec. Les futures campagnes de terrain viseront donc à améliorer l'échantillon destiné à l'analyse dendrochronologique, tant en termes d'effectif des pièces analysées que de longueur des séries de cernes disponibles, pour le chêne et les essences résineuses.

5. Conclusion

L'étude dendrologique menée conjointement à l'étude de l'architecture sur les pièces de bois de l'épave *Arles-Rhône 3* apporte déjà et annonce, grâce à la poursuite programmée des analyses, la perspective de résultats prometteurs qui viendront enrichir considérablement nos connaissances de la mise en oeuvre du bois au sein de la construction navale gallo-romaine rhodanienne. Grâce à un prélèvement dendrologique systématique initié en 2005, une esquisse du choix et de la mise en oeuvre des bois de ce navire se dégage et sera précisée au cours des prochaines campagnes de fouille afin d'avoir une vue générale et détaillée de cet ouvrage.

L'analyse dendrochronologique s'annonce tout aussi prometteuse dans la mesure où le potentiel de pièces se prêtant à l'analyse s'avère de qualité, tant par leur effectif que par la longueur des séries individuelles susceptibles d'être livrées. Une datation de l'abattage des arbres utilisés s'avère donc raisonnablement envisageable et, au vu des essences concernées, pour la plupart bien documentées, une localisation des bois utilisés n'est pas à exclure.

Au cours des prochaines campagnes, les objectifs de l'étude dendrologique de l'épave *Arles-Rhône 3* seront doubles. Il s'agira, d'une part, d'alimenter nos connaissances de l'histoire de la construction de l'embarcation par la définition de l'exploitation des bois et de son économie en tachant de préciser, notamment, leur origine géographique, de qualifier et de quantifier la matière première nécessaire à la réalisation du bateau et de mettre en évidence d'éventuels remplois dans la construction. La multiplication des prélèvements nous aidera, d'autre part, à préciser la date de l'abattage des arbres tout en recherchant, si possible, des vestiges de tissu cortical pour dater l'année précise de ces abattages qui nous permettra d'approcher la date de construction du chaland *Arles-Rhône 3*.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnold 1992** : ARNOLD (B.) – *Batellerie gallo-romaine sur le lac de Neuchâtel*, tome 1, Saint-Blaise, Éditions du Ruau, 1992 (Archéologie Neuchâteloise, 12).
- Becker, Rieth 1995** : BECKER (C.), RIETH (E.) – L'épave gallo-romaine de la place Tolozan à Lyon : un chaland à coque monoxyle-assemblée. In : Beal (J.-Cl.) dir., *L'arbre et la forêt, le bois dans l'Antiquité*, Paris, De Boccard, 1995, p. 77-91 (Collection de la bibliothèque Salomon Reinach, 7).
- Bert 1992** : BERT (G.-D.) – *Influence du climat, des facteurs stationnels et de la population sur la croissance et l'état sanitaire du sapin pectiné (Abies alba Mill.) dans le Jura. Étude phytoécologique et dendrochronologique*, Thèse de Doctorat, Université de Nancy I, Nancy, 1992.
- Grenouiller 1993** : GRENOUILLER (B.) – *Les traces d'outils à bois, de l'Antiquité à nos Jours*, Mémoire de DEA, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris, 1993.
- Guibal 1992** : GUIBAL (F.) – First dendrochronological dating of a shipwreck in the western Mediterranean area. *Dendrochronologia*, 10, 1992, p.147-156.
- Guibal, Pomey 2003** : GUIBAL (F.), POMEY (P.) – Timber Supply and Ancient Naval Architecture. In : Beltrame (C.) ed., *Boats, Ships and Shipyards*, Proceedings of the 9th International Symposium on Boat and Ship Archaeology (ISBSA 9), Venice (2000), Oxford, Oxbow, 2003, p. 35-41.
- Guibal, Pomey 2004** : GUIBAL (F.), POMEY (P.) – Dendrochronologie et construction navale antique. *Revue d'Archéométrie*, 28, 2004, p. 35-42.
- Jacamon, Girardet 1987** : JACAMON (M.), GIRARDET (P.) – *Guide de dendrologie. Arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Tome 1. Conifères*, Nancy, Éditions ENGREF, 1987.
- Jacquot 1955** : JACQUIOT (C.) – *Atlas d'anatomie des bois des conifères*, 2 tomes, Paris, Centre technique du bois, 1955.
- Jacquot Trenard, Dirol 1973** : JACQUIOT (C.), TRENARD, (Y.), DIROL, (D.) – *Atlas d'anatomie des bois d'angiospermes (Essences feuillues)*, 2 tomes, Paris, Centre technique du bois, 1973.
- Langouët, Giot 1992** : LANGOUËT (L.), GIOT (P.) – *La datation du passé. La mesure du temps en archéologie*, Rennes, G.M.P.C.A. éd., 1992 (Supplément à la Revue d'Archéométrie).
- Lieutaghi 2004** : LIEUTAGHI (P.) – *Le livre des arbres, arbustes et arbrisseaux*, Arles, Actes Sud, 2004.
- Lonchambon 2000** : LONCHAMBON (C.) – Un bateau monoxyle-assemblé à Chalon-sur-Saône (1^{er} s. ap. J.-C.). In : Bonnamour (L.) dir., *Archéologie des fleuves et des rivières*, Catalogue d'exposition, Paris, Éditions Errance, 2000, p. 174-178.
- Long et al. 2005** : LONG (L.), RIVAL (M.), GRECK (S.), GUIBAL (F.) – *L'épave gallo-romaine d'Arles 3. Une embarcation à coque monoxyle assemblée*, Rapport de fouille, Aix-en-Provence, 2005 [inédit].
- Ozenda 1994** : OZENDA (P.) – *Végétation du Continent européen*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé, 1994.
- Rieth 1998** : RIETH (É.) – *Des bateaux et des fleuves. Archéologie de la batellerie du Néolithique aux Temps modernes en France*, Paris, Éditions Errance, 1998.
- Rieth 2010** : RIETH (É.) dir. – *Les épaves de Saint-Georges. Lyon – I^{er}-XVIII^e s.*, Paris, CNRS éditions, 2010 (Archaeonautica, 16).
- Rival 1991** : RIVAL (M.) – *La charpenterie navale romaine. Matériaux, méthodes, moyens*. Paris, Éditions du CNRS, 1991 (Travaux du Centre Camille Jullian, 4).
- Schweingruber 1978** : SCHWEINGRUBER (F.H.) – *Mikroskopische Holz-anatomie, Anatomie microscopique des bois, Microscopic wood anatomy*, Institut Fédéral de Recherches Forestières, Ed. Zürcher AG, Zug, 1978.
- Schweingruber 1990** : SCHWEINGRUBER (F.H.) – *Anatomie europäischer Hölzer, Anatomy of European woods*, Haupt, Bern und Stuttgart, 1990.