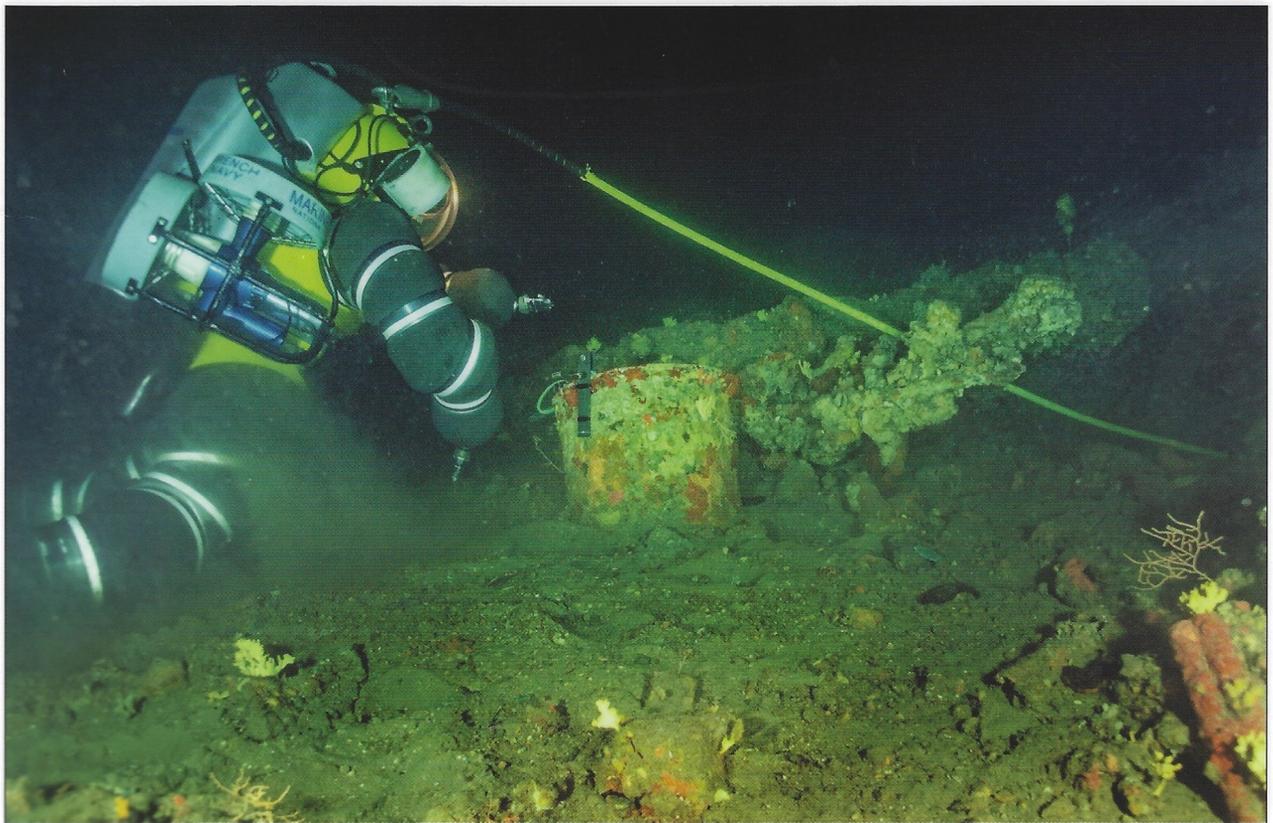


NUMÉRO XXII - ANNÉE 2014

CAHIERS
**D'ARCHÉOLOGIE
SUBAQUATIQUE**



FOUILLES ET RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES EN MER, LACS ET COURS D'EAU

NUMÉRO XXII - ANNÉE 2014

SOMMAIRE

Jean-Luc MASSY. – Un support de lampe tripode de la fin du 1 ^{er} s. av. J.-C. ou du 1 ^{er} s. ap. J.-C. mis au jour en Corse du Sud.....	5
Sybille LEGENDRE. – Regard sur les lampes à huile de l'épave de <i>La Madrague de Giens</i>	11
Hervé ALFONSI. – L'épave Porticcio A. Des œuvres d'art en marbre, une cargaison de vitres et une grande variété d'amphores à l'époque de Philippe 1 ^{er} , dit Philippe l'Arabe.....	23
Luc LONG et Guillaume DUPERRON. – Note préliminaire sur l'épave <i>Arles-Rhône 13</i> . Un navire de mer en contexte fluvial, à Arles, au 1 ^{er} siècle ap. J.-C.	115
Carine JUVIN et Jean-Luc MASSY. – Une stèle prismatique du 11 ^e s. en écriture coufique fleuri découverte dans le port de Calvi en 1969	145
Michel L'HOURL. – L'exploration de la <i>Lune</i> (1664). Un chantier laboratoire pour l'archéologie des abysses	149
André LORIN. – Épave de l' <i>Hercule</i> . Un vaisseau marchand du 18 ^e siècle	189
Un document d'archives, la campagne de fouilles de 1959 sur l'épave <i>Drammont A</i> , d'après le rapport technique d'Alexis SIVIRINE et Jean-Maurice ROUQUETTE. Mise en pages de Jean-Pierre JONCHERAY	219

L'ÉPAVE *PORTICCIO A*

Des œuvres d'art en marbre, une cargaison de vitres et une grande variété d'amphores à l'époque de Philippe I^{er}, dit Philippe l'Arabe

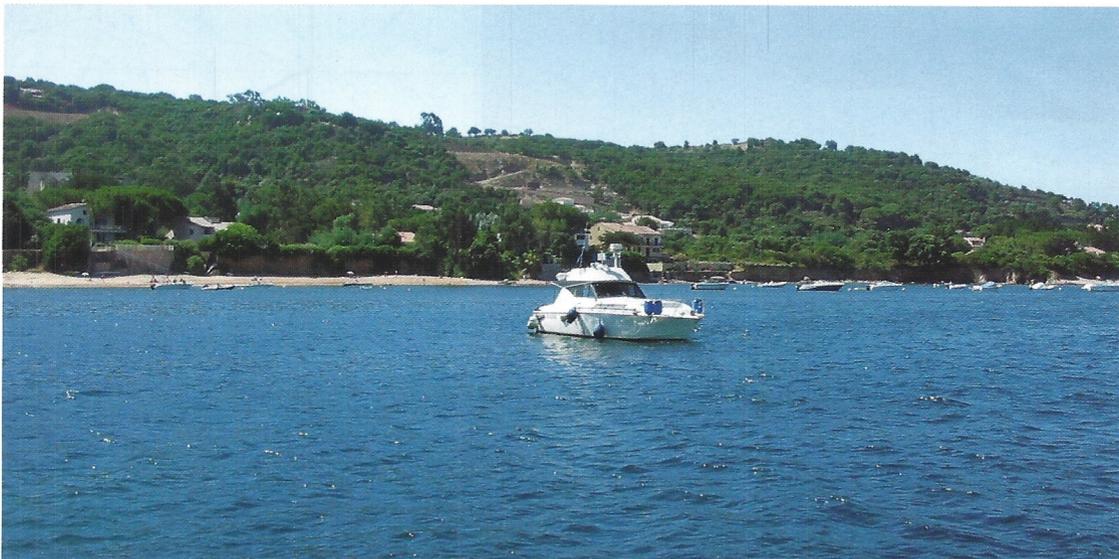
Par **Hervé Alfonsi**

L'épave *Porticcio A* gît non loin de l'abri de Porticcio, face à la plage de la Closerie, dans le fond du golfe d'Ajaccio (Corse du Sud).

Elle a été découverte le 4 avril 1990 par Hervé Alfonsi et Antoine Peretti, lors d'une recherche autour des secs, nombreux dans le voisinage de cette plage (N° de déclaration AFFMAR: 4/90, DRASSM: 72/90).

Sa cargaison d'œuvres d'art en marbre, accompagnée d'un chargement de vitres et d'une grande variété d'amphores, donne à ce gisement un caractère exceptionnel.

Nombreux sont ceux qui ont pris part aux opérations archéologiques et permis cette étude. Qu'ils en soient tous remerciés et, particulièrement, Marie-France Bastiani, Jean-François Cubells, Philippe Gandolfo, Dominique Horst, Anne et Jean-Pierre Joncheray, Stéphane Nicolaï, Dominique Ottavi, Muriel Tenti.



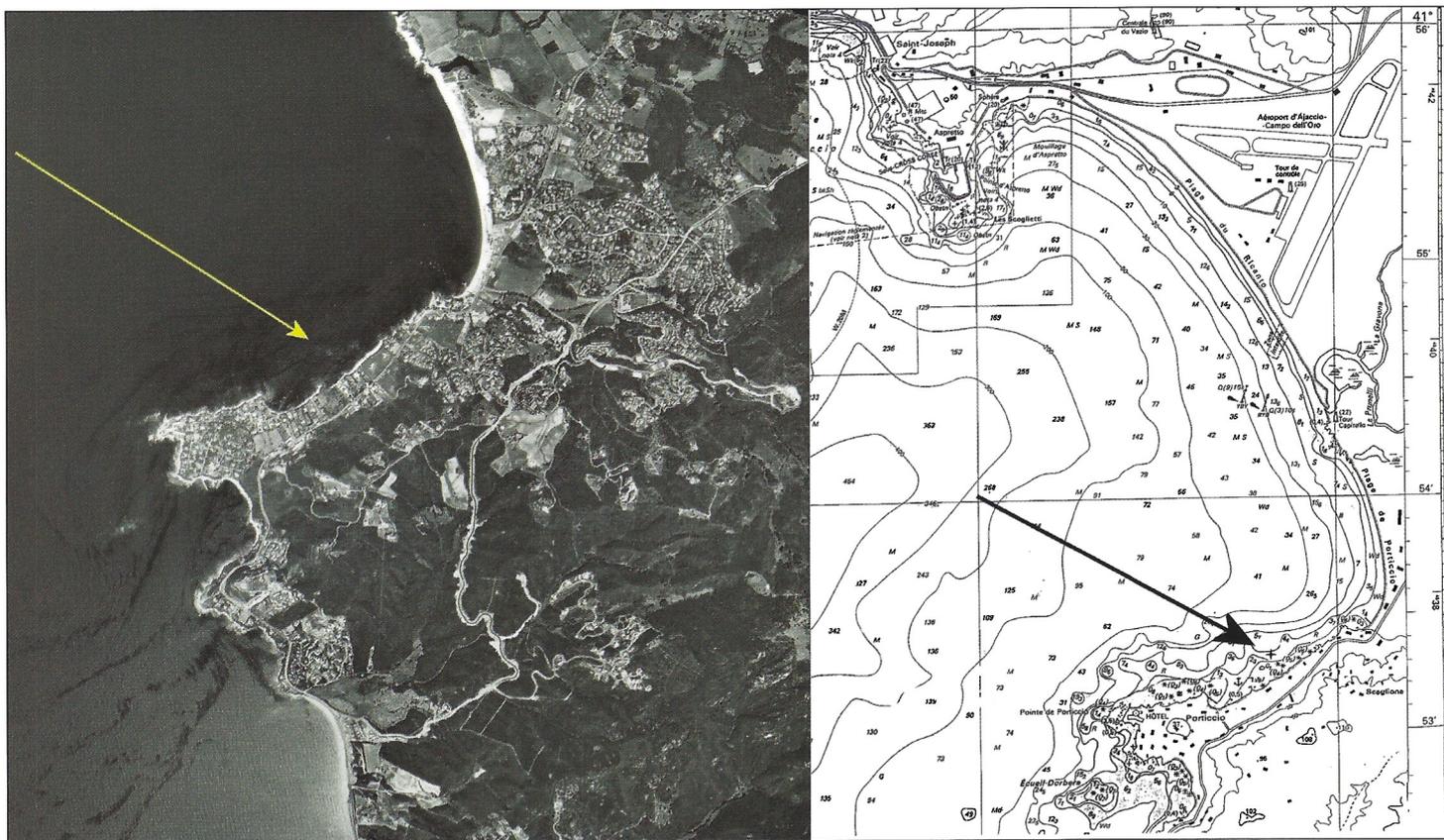
Laurata sur site. En arrière-plan, l'abri de Porticcio.

Une mention particulière pour Michel Bonifay, Centre Camille Jullian (UMR 6573), Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme (MMSH), dont les indications ont été précieuses tout au long de ces opérations de fouilles, Patrice Pomey, Centre Camille Jullian, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme (MMSH), pour son aide sur l'architecture navale et Frédéric Guibal, Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie CNRS UPRES A 6116, qui a réalisé l'identification botanique et le diagnostic dendrochronologique des bois découverts sur l'épave.

Un remerciement, pour leurs contributions, à Georges Poupeau, Université de Bordeaux, Centre de recherches en Physique appliquée à l'Archéologie, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, UMR 5060, CNRS-Université, Bordeaux 3, ainsi qu'à Michelle et Jean Ferrandini, Université de Corse, Laboratoire des Sciences de la Terre.

La fouille de cette épave a pu être réalisée grâce à l'aide du Ministère de la Culture et de la Communication, de la Collectivité Territoriale de Corse et de la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins. Que tous trouvent ici l'expression de notre gratitude pour leur confiance et leur aide.

Le matériel archéologique recueilli est entreposé au dépôt DRASSM du musée de Sartène.
Les photographies, sauf mention contraire, sont de l'auteur.



Emplacement de l'épave: le site vu d'avion (Document IGN) et carte de situation (SHOM).

BUT DE LA RECHERCHE – HISTORIQUE DES OPÉRATIONS DE FOUILLES

Les opérations archéologiques se sont déroulées pendant dix ans, de 2001 à 2010.

Le sondage de 2001 faisait suite à l'expertise effectuée sur ce site par Hélène Bernard, DRASSM, à la fin du mois de juin 2001. Des fragments d'amphores et des débris de verre étaient visibles en surface, seulement en certains endroits que nous avons matérialisés pour l'expertise. Le premier objectif du sondage, effectué sur l'un de ces endroits répertoriés, était de confirmer les résultats de cette expertise, en analysant les différents types de tessons d'amphores, de céramiques et de verre. L'autre objectif était la recherche d'une orientation de développement du site avec un positionnement précis de tous ces fragments.

En 2002, la prospection thématique a permis de mettre en évidence des restes du navire et de la cargaison. Une portion de préceinte de 25 cm de large, ainsi que des restes de membrures et de bordé ont été mis au jour en deux endroits. Les autres unités de recherche positives ont confirmé l'existence de fragments d'amphores africaines (africaine 1 et 2), orientales (Kapitän 1 et 2), à fond plat (Maurétanie Césarienne). La présence de mortiers, de céramiques africaine et de cuisine a confirmé la cohérence du gisement, ainsi que la période de circulation du navire aux alentours du III^e siècle après J.-C.

La fouille programmée en 2003 avait pour objectif premier l'étude d'une possible relation entre les deux zones où des éléments ligneux avaient été mis en évidence, avec la poursuite de la recherche du bordé et d'autres membrures. Le deuxième objectif consistait en l'investigation de la cargaison et du matériel de bord, amphores, céramiques, verre.

La fouille 2004 se concentrait sur la recherche et l'analyse approfondie des éléments ligneux, de la cargaison de verre (vitres et objets manufacturés), d'amphores et de céramiques en s'intéressant principalement aux zones non encore étudiées au voisinage des restes ligneux. Elle a permis la poursuite de l'étude de ces éléments ainsi que la mise au jour de fragments de statues de marbre de l'empereur Philippe I^{er}, dit Philippe l'Arabe.

La fouille 2005 a été développée dans la continuité des zones de mise en évidence des statues de marbre, en suivant un axe reliant le point origine à la zone fouillée en 2001. Les unités de recherche positives nous ont confirmé la présence de fragments d'amphores orientales en plus grand nombre que les amphores africaines, avec toujours des éléments d'autres types d'amphores. La mise en évidence de la tête féminine de la statue monolithique de Marcia Otacilia Severa, la mise au jour d'un buste qui pourrait être la représentation de Philippe II, le portrait miniature d'une jeune fille parfaitement conservé, en des zones relativement éloignées, avec toujours l'omniprésence du verre à vitre, confirmaient bien la nécessité de l'extension de la recherche.

La fouille 2006 a été menée en continuité avec les zones de l'année 2005, étudiant, dans la zone Ouest du site, les unités limitées par le massif rocheux, dans la zone Est, les unités voisines de celles qui avaient livré le mobilier en marbre de 2005. Deux bustes de marbre, à l'effigie du couple impérial, ont été mis au jour avec toujours la même variété de mobilier dans le reste du chargement.

La fouille 2007 a livré un mobilier archéologique moins détérioré que les années précédentes, en ce qui concerne les amphores en particulier. En effet, huit cols de type Kapitän 2, bien conservés, ont été mis au jour. Plusieurs éléments de marbre ont été découverts : une figurine intacte à l'effigie de Mars Ultor, un buste acéphale, grandeur nature et un piédouche détériorés, plus quelques petits fragments de marbre. Des tessons de céramiques de cuisine, de bassines ou *catini* de type *Uzita 2* complètent en partie le mobilier découvert les années antérieures. En ce qui concerne le verre, des fragments de gobelets, de bouteilles et de coupes ont été mis au jour avec, constamment, la présence de restes de vitres. Figuraient également à l'inventaire de cette année, une pièce de monnaie, relativement détériorée, peut-être à l'effigie d'Otacilia Severa, quelques clous de fer, de bronze et des restes de doublure de coque en plomb.

La fouille 2008 a permis d'affiner la connaissance de la cargaison. C'est ainsi que le comptage en NMI (Nombre Minimum d'Individus) a autorisé la prise en compte supplémentaire, pour le chargement, d'au moins une amphore de type Kapitän 1, de trois amphores de type Kapitän 2, d'au moins une amphore de type africaine 1, trois amphores de type africaine 2, une amphore de type Forlimpopoli ainsi qu'au moins deux amphores de type oriental.

Des tessons de céramiques de cuisine, de bassines ou *catini* de type *Uzita 2* complètent en partie le mobilier découvert les années antérieures.

En ce qui concerne le verre, cinq fragments de fonds de gobelets et de coupe ainsi qu'un élément de panse ont été mis au jour. Les fragments de vitres, dont la masse est voisine de 10 kg, ont révélé neuf coins, soit trois vitres supplémentaires. Le mobilier de marbre est représenté par des éléments de décor, comme la petite sphère et divers fragments, ainsi que par ce qui semble être une partie du socle de la statue de Philippe I^{er}. Figuraient également à l'inventaire de cette année des fragments ligneux sans ordre apparent, mais regroupés dans une zone, quelques clous de fer, de bronze et des restes de doublure de coque en plomb.

La fouille 2009 a permis la mise en évidence de deux nouveaux types d'amphores : Dressel 23 ainsi qu'une variante d'africaine 1, type «A» de Clementina Panella. La mise au jour d'une lèvre pratiquement entière d'amphore Agora M254 indique, compte tenu des précédentes découvertes, la présence à bord d'au moins trois amphores de ce type. Des tessons de céramiques de cuisine avec les deux types de «coupe-couvercles» Hayes 182 et Hayes 196, de bassines ou *catini* de type *Uzita 2* complètent en partie le mobilier découvert les années antérieures.

En ce qui concerne le verre, sept fragments d'assiettes, de fonds de gobelets et de coupe ainsi qu'un élément de panse ont été mis au jour. Les fragments de vitres, dont la masse est supérieure à 15 kg, ont révélé vingt-sept coins, soit sept vitres supplémentaires. Le mobilier de marbre est représenté par un élément parallélépipédique très usé. Quelques clous de fer, de bronze et des restes de doublure de coque en plomb ont également été découverts.

La fouille 2010 sur l'épave de Porticcio s'est déroulée du mois de mai au mois de juillet 2010. Nous avons implanté la zone de recherche dans la proximité de la zone 6, conformément aux prescriptions de la CIRA. Les secteurs étudiés se situaient dans un carroyage repéré par rapport à l'origine principale 2002, et représentaient une superficie de 22 m². Le mobilier archéologique découvert a montré, outre les pièces intactes, des fragments plus grands et mieux conservés que les années précédentes. Au moins deux types supplémentaires d'amphores auraient été mis en évidence par la présence d'une épaule avec anse qui pourrait correspondre au type «Zemer 57», l'autre, non identifié, étant constitué par une épaule avec départ d'anse et un fragment de lèvre. Une lampe à huile de type Deneauve XI A, ainsi qu'un mascaron en bronze à tête de lion et une pièce de monnaie ont également été mis au jour durant cette campagne. Des tessons de céramiques de cuisine avec les types de marmite Hayes 197, de bassines ou *catini* complétaient en partie le mobilier découvert les années antérieures. En ce qui concerne le verre, cinq nouveaux éléments ont été mis au jour : fragments d'assiettes, de fonds de gobelets et de coupe ainsi qu'un élément de panse. Les restes de vitres, dont la masse est voisine de 12 kg, ont révélé vingt-quatre coins, soit six vitres supplémentaires. Le mobilier de marbre était représenté par des morceaux de doigts et une plaque relativement fine. Figurent également à l'inventaire, cette année, des clous de bronze, quelques concrétions de clous en fer, et des restes de doublure de coque en plomb, dont certains présentent des incisions en losange. Cette année, en raison de nouveaux délais impartis, trois mois pour mener la campagne et la difficulté du terrain, mattes de posidonies très resserrées, la surface étudiée ne représentait plus que les 2/3 de celle des années précédentes.

En conséquence, au terme de la campagne 2010, au vu de la qualité du mobilier découvert dans cette zone, il me paraissait nécessaire d'obtenir une prolongation d'une année pour effectuer une extension de la recherche sur ce site qui semble ne pas avoir livré toutes ses informations.

Cela ne s'est pas fait...

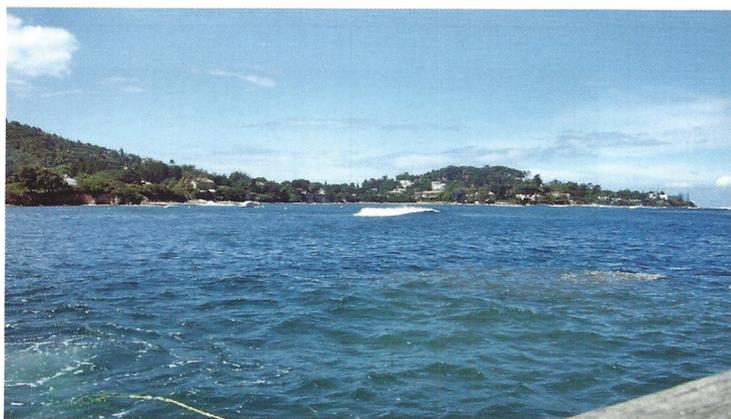
SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET APPROCHE GÉOLOGIQUE DU SITE DE FOUILLE

(Annexe 1)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

L'épave est située à l'extrémité sud du golfe d'Ajaccio, un peu avant la pointe de Porticcio, et à quelques dizaines de mètres du rivage, entre deux abris.

L'accès de ces derniers est rendu dangereux par des secs remontant par endroits à moins de 1 mètre de la surface, constituant une véritable barrière récifale naturelle. Le rivage est fait d'un cordon littoral subactuel de sable à gros grains (quelques mm de diamètre). Les récifs ont été étudiés par le laboratoire des Sciences de la Terre de l'Université de Corse. Il s'agit de structures géologiques de type « beach rock » appelées aussi grès de plage. Ces roches sédimentaires terrigènes sont à base de sable quartzueux grossier à gravier et d'un ciment calcaire diffus. De nombreux fragments d'organismes vivants peuvent y être aussi observés : Gastéropodes, Bivalves, Échinides... Ces « beach rock » sont interprétés comme les restes d'anciennes plages quaternaires appelées aussi isostasies, témoignant ainsi des variations du niveau moyen des mers au cours des temps géologiques.



Les barrières récifales sud et nord.

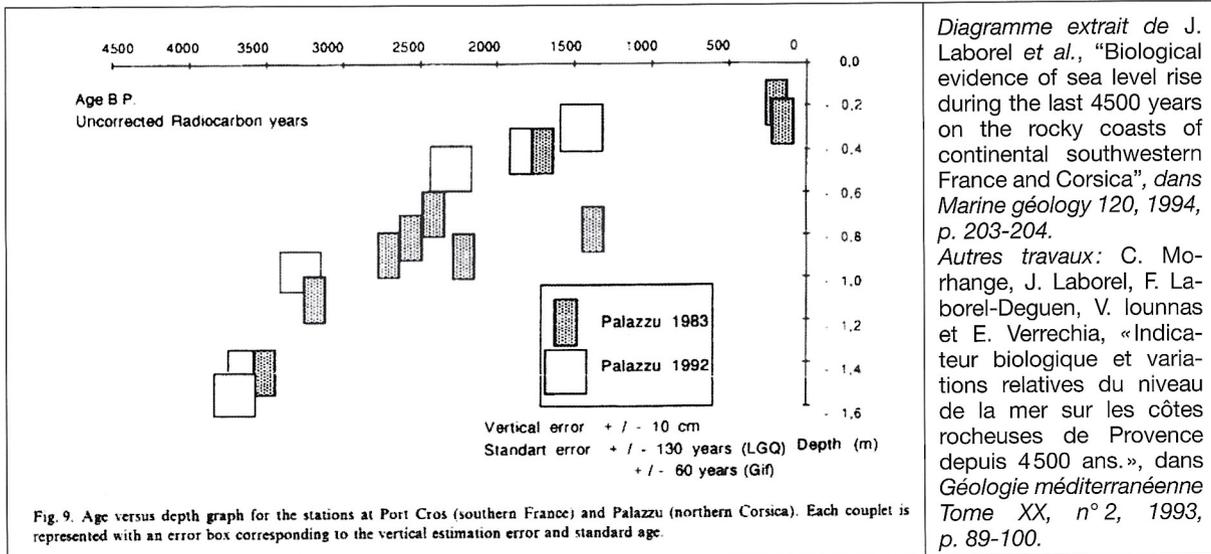
Le gisement se situe sur un fond sableux, sur lequel s'est développé un herbier de posidonies dont l'épaisseur varie de 50 à 70 cm.

Herbier, fonds sableux et « beach rock » reposent sur un granite monozonitique. Ce substrat, à grains très grossiers, est notamment caractérisé par de gros minéraux de feldspaths potassiques (jusqu'à 2 cm), lui conférant une teinte rosée.

TENTATIVE DE RECONSTITUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE À L'ÈRE ROMAINE

Les travaux de nombreux auteurs ont permis d'évaluer les variations relatives du niveau de la mer sur les côtes rocheuses de Méditerranée au cours de l'ère quaternaire. Certains travaux, basés

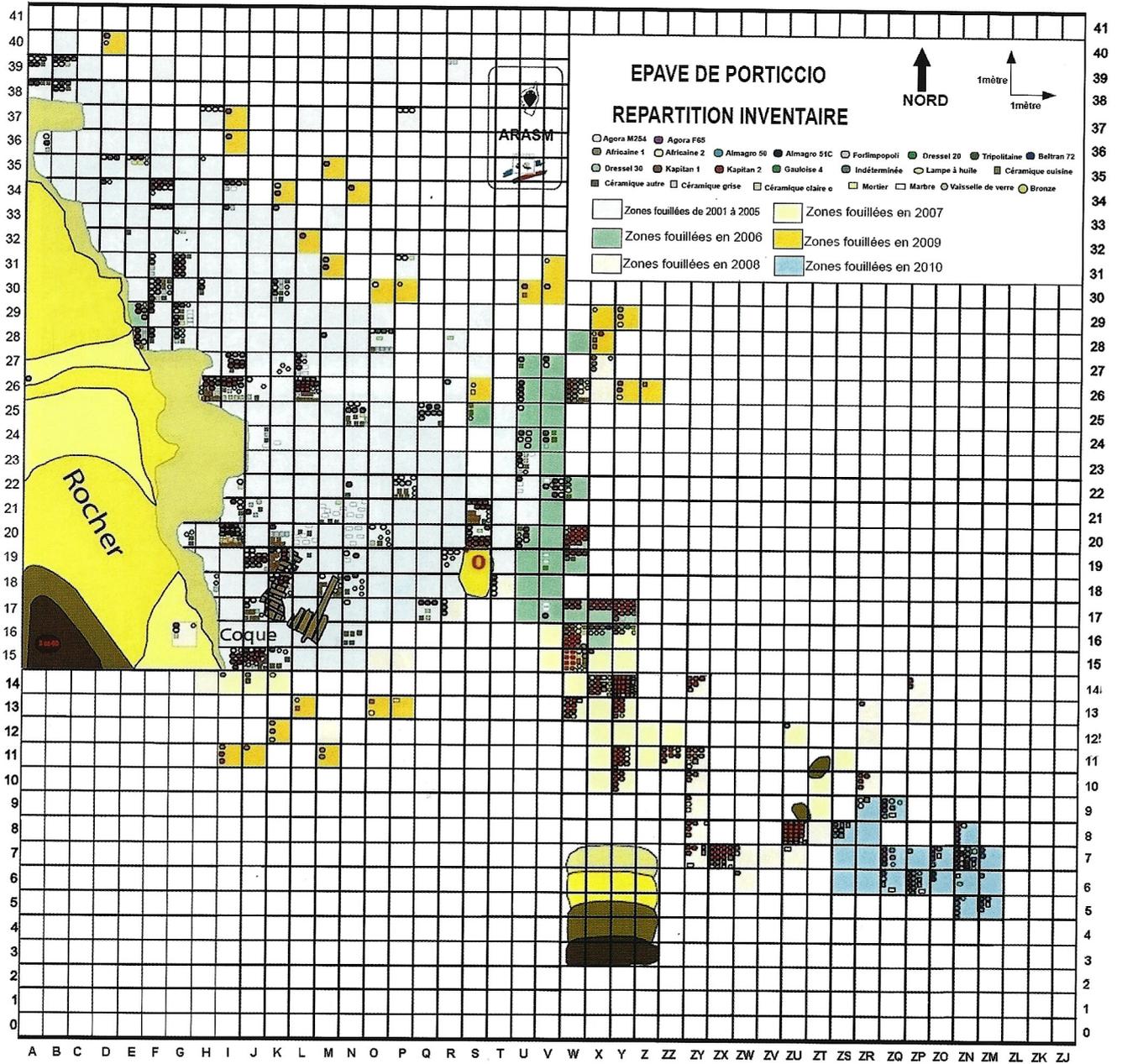
notamment sur la répartition et la datation de bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides*, ont permis de mettre en évidence une montée relative du niveau moyen depuis 4500 ans, passant d'environ 0,0035 cm/an, il y a plus de 3500 ans, à moins de 0,02 cm/an depuis 1500 ans. La détermination du niveau marin d'il y a 2000 ans, en se basant sur des diagrammes âge/profondeur réalisés grâce à l'étude des bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides*, peut ainsi être estimée à moins 40 cm par rapport au niveau actuel. Le diagramme ci-dessous permet d'appréhender ces variations sur les côtes corses.



Les «beach rock» situés près de l'épave de Porticcio affleuraient donc beaucoup plus au III^e siècle de notre ère. À moins de dix mètres des derniers fragments découverts, un récif remonte, par mer plate, à trois mètres de la surface, soit au moins 40 cm plus bas à l'époque romaine. Si l'on considère le tirant d'eau moyen des navires de l'époque, une mer agitée avec des creux importants, il est tout à fait possible d'émettre l'hypothèse d'un navire venant s'échouer sur ces récifs.



Relevé au bas du sédiment, dont on observe la hauteur.



(Document Philippe Gandolfo et Jean-François Cubells).

LES VESTIGES DU NAVIRE

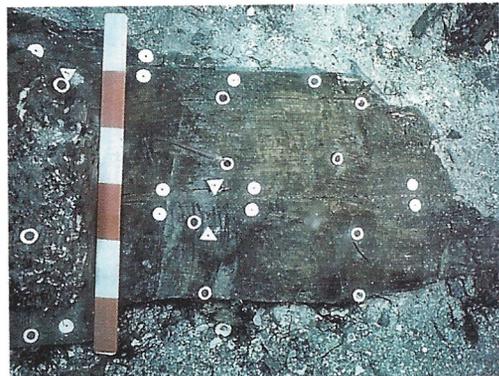
LES RESTES LIGNEUX

(Annexe 3)



2

1



3



4



5

La coque: éléments résiduels.

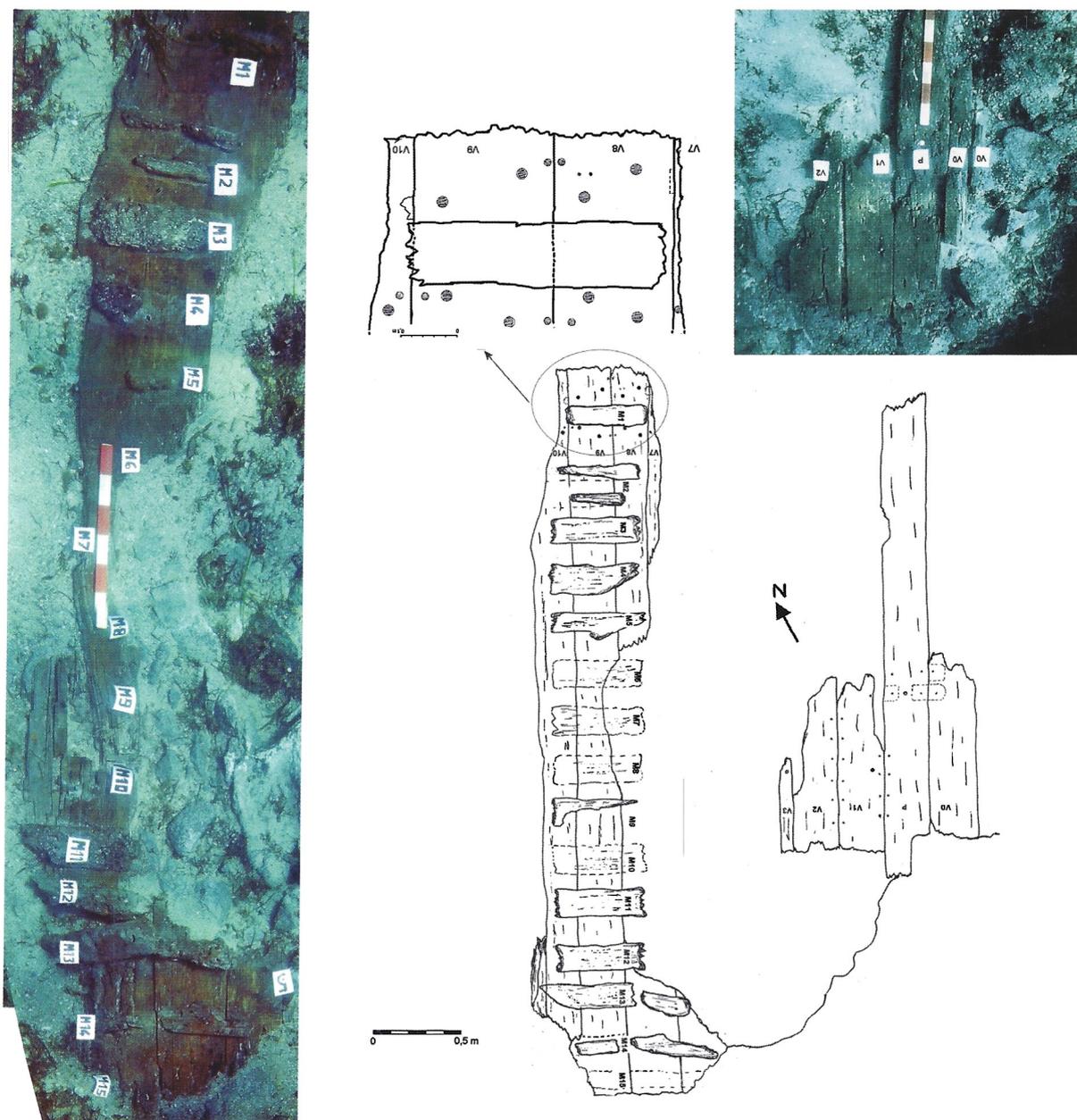
1 et 2: Relevés des membrures et virures (Cl. Dominique Horst).

3: Relevé de l'emplacement des chevilles. Les triangles marquent les clous, les ronds pleins marquent les chevilles de bordé et les cercles marquent les chevilles de membrures (Cl. Jean-Pierre Joncheray).

4: Éléments ligneux, zone M11.

5: Prélèvement pour dendrochronologie.

Aucune surface de coque d'une certaine importance et encore en connexion n'a été découverte. Seuls, des fragments ligneux éparpillés ont été mis en évidence sur le site. L'analyse botanique de tous ces éléments a été effectuée par Frédéric Guibal, Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléocologie, CNRS. Dès 2002, des vestiges ligneux ont été identifiés sur deux unités de recherche, N18 et K19. La fouille 2003 a permis la jonction de ces deux unités de recherche. L'élément de bois de forme demi-cylindrique, mis en évidence à l'origine en N18, a été dégagé en entier et semble correspondre à une portion de la préceinte du navire. Sa largeur maximale est de 255 mm pour une épaisseur de 160 mm. Des éléments du bordé, les virures V7, V8, V9, V10, V11, à l'état fragmentaire ainsi les restes et les traces de seize membrures ont été découverts sous une couche importante de lest.



Photomontage et plan des vestiges ligneux.



Vestiges ligneux des deux unités de recherche (Cl. Dominique Horst).

Virure N°	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Longueur (mm)
1	245	50	70
2	180	51	90
7	5	50	100
8	205	51	?
9	247	50	?
10	240	50	?
11	21	50	?

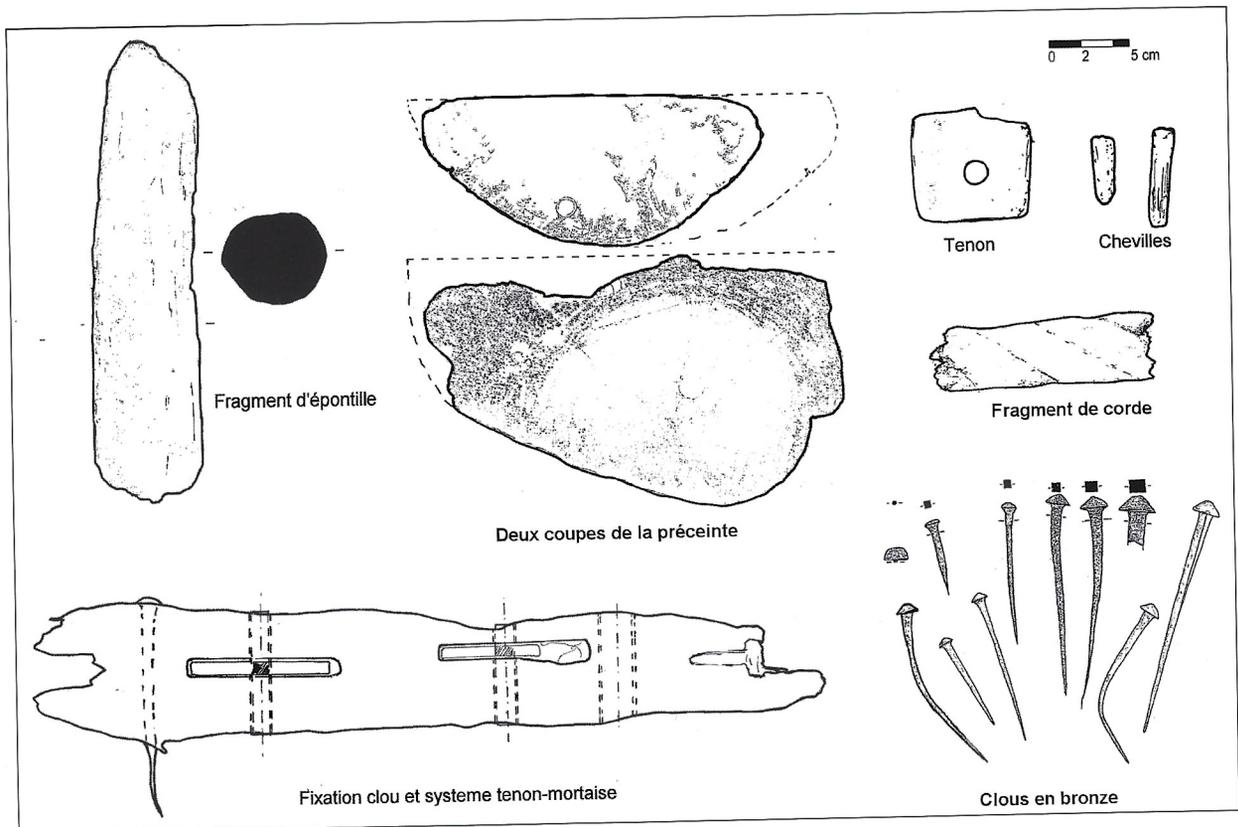
Un examen des membrures révèle un mode de fixation mixte, cheville de bois de 19 mm et clous en bronze de 130 mm de longueur pour une section de 9 x 9 mm. La liaison entre virures est réalisée suivant le principe tenon mortaise. La mortaise mesure en moyenne 94 x 12 mm, le tenon est une languette de 8 à 9 mm d'épaisseur, de 68 x 54 mm de côtés. Le diamètre du trou de cheville varie de 13 à 15 mm.



Assemblage clou tenon mortaise. Chevilles sur virure *in situ* et en coupe.

Membrane N°	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Maille (mm)
1	100	80	?
2	90	70	200
3	70	70	70
3	150	80	110
4	160	100	110
5	160	80	110
9	160	100	?
11	150	100	?
12	130	120	150
13	140	130	70
14	140	130	160
15	110	80	90
16	100	60	?

L'épaisseur des planches constituant le reste de bordé varie de 40 à 60 mm. Cependant quelques planches sont de moindre épaisseur, 23 mm. Des chevilles en bois sont présentes en deux diamètres différents, 12 et 19 mm.



Quelques éléments du navire, décrits dans le texte.

Dans le même espace, on a observé des fragments ligneux quasi cylindriques, de diamètre variant de 30 à 70 mm, pouvant correspondre à des restes d'épontilles.

En zone K14, un élément ligneux a été mis au jour. Cela semble être un reste de carlingot. Il a une forme vaguement prismatique, une longueur de 450 mm pour une largeur de 130 mm et une hauteur de 105 mm. On note, distantes de 250 mm, deux chevilles de bois de 18 mm de diamètre, alignées avec



Restes d'épontilles et de carlingots (?).

un clou de bronze de 7 mm de diamètre moyen. Ce clou est situé à 95 mm de la cheville la plus proche. Sous cet alignement, on remarque une troisième cheville de bois, placée entre les deux précédentes. D'autres traces d'éléments ligneux ont été identifiées dans la zone M11.

IDENTIFICATION ANATOMIQUE DES VESTIGES DE L'ÉPAVE DE PORTICCIO (CORSE DU SUD)

Frédéric GUIBAL

Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléocécologie

UMR 6116 CNRS

Université Paul Cézanne Aix-Marseille

Europôle Méditerranéen de l'Arbois

Pavillon Villemin

À l'issue de la campagne de terrain 2003, une analyse xylogologique de seize pièces a été réalisée, afin d'identifier les essences utilisées. Les prélèvements de bois ont été effectués par l'équipe de terrain. Les échantillons de bois ont fait l'objet de coupes minces réalisées à la lame de rasoir selon des plans transversal, longitudinal tangentiel et longitudinal radial. L'identification anatomique, menée sur consultation des atlas d'anatomie du bois de Jacquiot *et al.* (1973) et de Schweingruber (1978, 1990), a abouti à l'identification de trois types anatomiques d'essences résineuses et un type anatomique d'essence feuillue (Angiosperme dicotylédone).

	Espèce	Essence
Préceinte	<i>Pinus leucodermis</i>	pin de Bosnie
M1	<i>Pinus halepensis</i>	pin d'Alep
M2	<i>Pinus halepensis</i>	pin d'Alep
M3	<i>Pinus halepensis</i>	pin d'Alep
M4	<i>Quercus ilex</i>	chêne vert
M5	<i>Pinus halepensis</i>	pin d'Alep
M11	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
M12	<i>Pinus halepensis</i>	pin d'Alep
M13	<i>Pinus leucodermis</i>	pin de Bosnie
M14	<i>Pinus leucodermis</i>	pin de Bosnie
V1	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
V2	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
V7	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
V8	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
V9	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès
V10	<i>Cupressus sempervirens</i>	cyprès

Au total, quatre essences représentatives de deux milieux biogéographiques différents ont été identifiées.

Le pin d'Alep, le cyprès et le chêne vert sont trois essences très largement distribuées à basse altitude dans le domaine méditerranéen, notamment dans les sous-zones thermo et mésoméditerranéennes et sont donc présentes à proximité des côtes, sur l'ensemble du pourtour méditerranéen. Ces trois essences sont fréquemment utilisées dans l'architecture navale antique (Rival, 1991 ; Guibal et Pomey, 2002). Le pin de Bosnie est une essence répandue dans les étages de végétation montagnarde et subalpine, dans toute la Calabre et dans la péninsule balkanique. En architecture navale antique, sa présence est attestée sur les bordés des épaves Caveaux I et Cavalière (Guibal et Pomey, 2002).

Bien qu'obtenus sur un échantillon très limité ($n = 16$), ces résultats s'accordent avec ceux dégagés jusqu'à présent par les analyses xylogologiques des vestiges d'épaves antiques de Méditerranée (Guibal et Pomey, 2002). À l'homogénéité du bordé pour lequel une seule essence, suffisamment souple pour permettre la mise en forme des coques selon les procédés de construction bordé premier

en usage dans l'Antiquité méditerranéenne (Pomey, 1998) a été identifiée, s'oppose l'hétérogénéité de la membrure pour laquelle quatre essences ont été identifiées sur neuf pièces analysées. Parmi elles, on rencontre des essences faciles d'approvisionnement (pin d'Alep, cyprès, chêne vert) pour un chantier naval localisé sur les côtes méditerranéennes et une essence de montagne, plus éloignée du littoral (pin de Bosnie).

Soulignons qu'au vu des essences ici identifiées, dans une perspective de datation relative du navire de Porticcio et dans la perspective de la poursuite de la mise en place des référentiels dendrochronologiques en région méditerranéenne, il est souhaitable qu'une analyse dendrochronologique de ce gisement puisse être réalisée dans un futur proche.

Références

GUIBAL, F. et POMEY, P., 2002, Essences et qualité des bois utilisés dans la construction navale antique. L'apport de l'étude anatomique et dendrochronologique. *Forêt Méditerranéenne*, XXIII, 2, 91-104.

JACQUIOT, C., TRENARD, Y. et DIROL, D., 1973, *Atlas d'anatomie des bois d'Angiospermes (Essences feuillues)*, t.1 : texte, t.2 : planches, Centre Technique du Bois, Paris.

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.

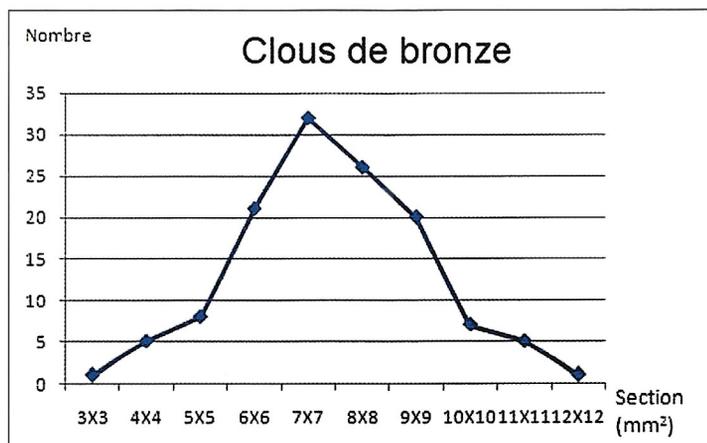
RIVAL, M., 1991, *La charpenterie navale romaine. Matériaux, méthodes, moyens*, Travaux du Centre Camille Jullian, n° 4, Paris, Ed. CNRS, 324p.

SCHWEINGRUBER, F. H., 1978, *Mikroskopische Holz anatomie, Anatomie microscopique des bois, Microscopic wood anatomy*, Institut Fédéral de Recherches Forestières, Ed. Zürcher AG, Zug.

SCHWEINGRUBER, F. H., 1990, *Anatomie europäischer Hölzer, Anatomy of European woods*, Haupt, Bern und Stuttgart.

LES CLOUS ET LES CONCRÉTIONS FERREUSES (Annexe 4)

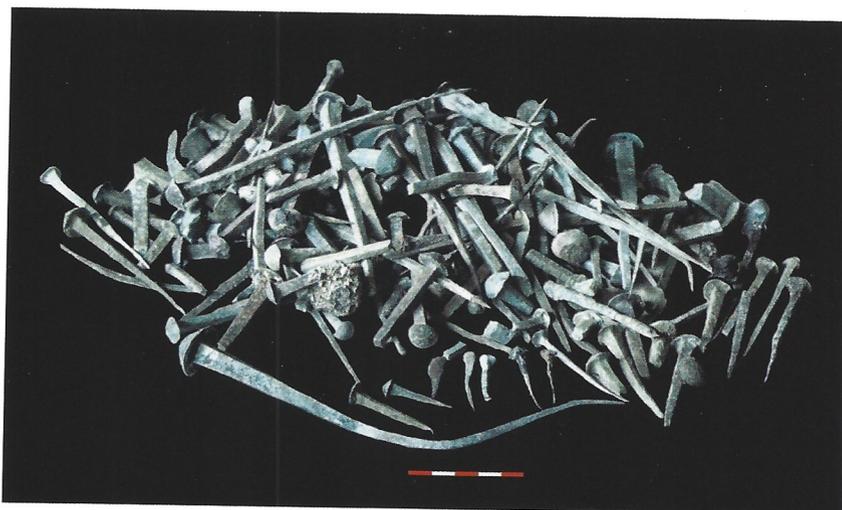
On note la présence de nombreux clous de bronze, répartis sur tout le site, accompagnés parfois par des concrétions de clous en fer. Les clous en bronze sont de section carrée. La section va de 3 x 3 à 12 x 12 mm avec une prépondérance de 7 x 7 mm. La longueur varie de 35 mm à 230 mm (annexe 4).



Répartition des clous en bronze en fonction de leur section.

Une petite pointe de bronze, de section circulaire de 3 mm de diamètre, avec une tête de 16 mm de diamètre pour 8 mm d'épaisseur, a aussi été mise au jour.

Les clous en fer, dont subsistent les concrétions, avaient des longueurs variant de 45 à 200 mm, pour des sections allant de 4 x 4 à 12 x 12 mm (sections mesurées sous la tête du clou).



Clous bronze, en fer et doublure de coque en plomb, avec marques sur le plomb.

Le doublage de coque en plomb

Sur tout le site, des fragments de feuilles de plomb étaient visibles. Ces restes de plaques, de 1 à 3 mm d'épaisseur, portent des orifices, soit carrés de 4 x 4 mm, soit circulaires de 3 mm de diamètre.

On note, sur certains éléments, un tracé comportant un motif en losange. On retrouve ce type de plaquettes de réparations en plomb sur l'épave de Pakostane en Croatie. (Renseignement communiqué par Giulia Boetto, Chargée de recherche au CNRS, Centre Camille Jullian).

Des feuilles non percées, de 150 x 85 x 2 mm, 80 x 80 x 2 mm et 70 x 40 x 2 mm ont été mis au jour en P38.

LE CORDAGE

Des fragments de cordes se trouvaient sous les vestiges ligneux, en I 20 et M 19. Il s'agit de cordes en trois torons dont les diamètres sont 10 mm, 20 mm et 45 mm pour le plus épais. D'autres restes ont pu être identifiés en pratiquant les coupes pour la dendrochronologie en I20 et M19. Il s'agit de cordes en trois torons, de 24 et 40 mm de diamètres.



Cordages.

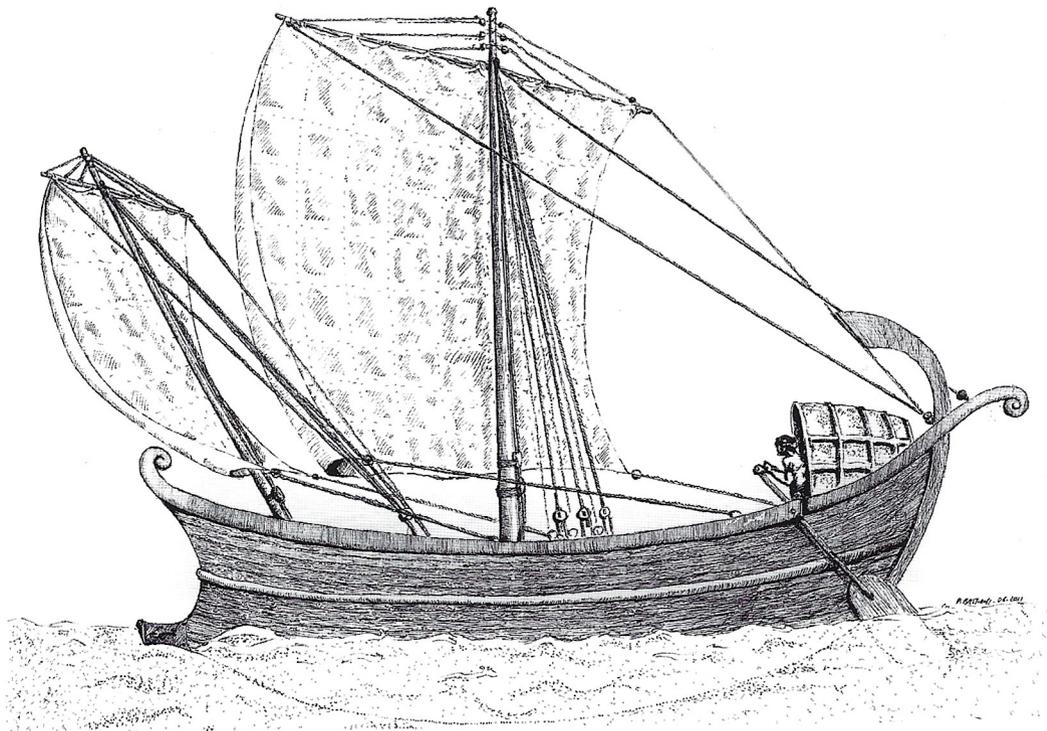
LES CARREAUX ET TUILES

La zone J12 nous a livré des briques en terre cuite de 60 mm d'épaisseur moyenne. Ils pourraient correspondre aux vestiges du four de bord.

D'autres exemplaires ont une épaisseur variant de 25 mm à 50 mm avec des largeurs allant de 210 à 240 mm.



Briques, carreaux, tuiles.



Dessin de Patrick Bastiani.

ANNEXE 1

Jean et Michelle FERRANDINI

Laboratoire des Sciences de la Terre

Campus Grossetti

20250 CORTE

Échantillon Porticcio JF Cubells

LAVAGE

Sable grossier à gravier, ciment calcaire diffus

Bioclastes: Gastéropodes très abondants

Bivalves

Echinides

Serpule

Hexacorallièrè

Ostracodes

Foraminifères benthiques: Miliolidé très abondants (*Sorites*, *Peneroplis*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*)

Elphidium crispum

Cibicides lobatulus

Nonion depressulus

Planorbulina mediterranea

LAME MINCE

Port.: calcarénite grossière, rare trace de micrite pelloïdale entre les grains de quartz et de feldspath.

Bioclastes: bivalve, algue rouge et foraminifères

ANNEXE 2**STRATÉGIE ET MÉTHODES MISES EN ŒUVRE**

Après positionnement, en 2001, d'un axe ouest vers le récif, la fouille d'une zone de 2 x 2 mètres, imposée par les prescriptions particulières à l'opération, s'est déroulée conformément à ces instructions. L'étude de la zone entre les deux poches de sable a été conduite en étant particulièrement attentif à la disposition des différents types de tessons (orientaux/africains) et du verre.

En 2002, compte tenu de la zone étudiée en 2001, un point origine a été choisi et matérialisé. Les sondages ponctuels de moins de un m² ont été repérés par rapport à cette origine. Nous avons pu retrouver par une prospection à vue l'emplacement exact des restes de l'épave et étudier, par sondages ponctuels de moins de un m², le plan de masse du gisement.

En 2003, après positionnement des zones ligneuses mises en évidence en 2002, les relevés de préceinte, membrures, virures et emplacement des chevilles de bois ont été effectués.

En 2004, la recherche s'est concentrée dans les zones où du mobilier de marbre a été découvert.

En 2005, nous avons privilégié les zones adjacentes à celles de la mise en évidence des statues de marbre ainsi que celles situées le long d'un axe central reliant les zones fouillées en 2004 à celles analysées lors du sondage 2001. Devant la présence de mobilier dans ces zones nous avons sollicité les plongeurs de l'Archéonaute (DRASSM), disposant de motopompes plus puissantes, pour creuser une tranchée de deux mètres de large sur une longueur de dix mètres au-delà de la zone étudiée en 2001.

En 2006, nous avons étudié les zones adjacentes à celles de la mise en évidence du mobilier de marbre, remontant le long d'un axe orienté Sud/Nord.

En 2007, nous avons privilégié les zones le long d'un axe orienté NW/SE.

En 2008, nous nous sommes intéressés aux régions voisines de celles de la mise en évidence du dernier mobilier de marbre, dans un carroyage de 8 x 5 mètres situé dans la partie Sud-Est du site. Un autre secteur a été étudié dans une zone proche des vestiges ligneux mis au jour en 2003. Puis nous avons choisi de réorienter nos recherches en poursuivant le long du « mur » de roches côté Est du site.

En 2009, ce sont les régions Nord et Sud du site qui ont été étudiées.

En 2010, nous avons implanté la zone de recherche dans la proximité de la zone 6, conformément aux prescriptions de la CIRA.

Le travail sur l'épave s'est déroulé, par équipe de deux plongeurs, sur la totalité du site. Si certains fragments affleuraient sous le sable, c'est dans la matre de posidonies, voire au-dessous, que la majorité des pièces a été découverte. Chaque plongeur utilisait un aspirateur à air alimenté par un compresseur basse pression. Les relevés ont été réalisés en utilisant un carroyage mobile, les tessons étant numérotés au crayon gras avant leur remontée. Chaque pièce importante a été positionnée, puis rangée dans un panier avant remontée en surface. Un relevé photo et vidéo a été effectué sur chaque zone fouillée. En surface, avant dessalage progressif et stockage, toutes ces pièces ont été mesurées et inventoriées en utilisant le logiciel ACCESS.

Pour le traitement de cette épave, se situant entre six et huit mètres de profondeur, nous avons utilisé les tables du Ministère du Travail.

Pendant les dix années qu'a duré cette étude, 1 764 heures de plongée ont permis d'analyser 354 m² du site.

ANNEXE 3**ANALYSE DENDROCHRONOLOGIQUE DE PIÈCES DE BOIS ISSUES
DE L'ÉPAVE DE PORTICCIO (CORSE DU SUD)****Frédéric GUIBAL**

Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléoécologie
UMR 6116 CNRS
Université Paul Cézanne Aix-Marseille
Europôle Méditerranéen de l'Arbois
Pavillon Villemin

L'analyse dendrochronologique a porté sur huit sections transversales recueillies sur huit pièces différentes. Il s'agit de la préceinte, trois virures de bordé, trois membrures et une épontille.

1. IDENTIFICATION ANATOMIQUE DES ESSENCES.

L'examen des caractères anatomiques des huit pièces a permis d'identifier deux essences résineuses et une essence feuillue :

1.a - description anatomique (préceinte, membrures M13, M14).

Bois de résineux. Présence de canaux résinifères dans le bois initial et dans le bois final. Nombreux rayons ligneux, tous unisériés. Hauteur des rayons ligneux allant de cinq à quinze cellules. Grandes ponctuations aréolées sur les parois radiales des trachéides du bois initial. Grandes ponctuations pinoïdes à taxodioïdes aux champs de croisement. Présence de trachéides transversales très dentées.

1.b - identification.

Pinus heldreichii Christ. Pin de Bosnie.

2.a - description anatomique (virures V1, V2, V7).

Bois de résineux. Absence de canaux sécréteurs. Trachéides verticales ornées de petites ponctuations aréolées unisériées, parfois bisériées. Rayons ligneux unisériés, hauts de 5 à 20 cellules, dépourvus de trachéides. Parois horizontales des cellules de parenchyme des rayons épaisses et non ponctuées. Présence d'indentures. 2 à 4 ponctuations cupressoïdes par champ de croisement. Présence de parenchyme vertical à parois verticales épaisses et ponctuées.

2.b - identification.

Cupressus sempervirens L. Cyprés.

3.a - description anatomique (épontille, membrure M4).

Bois à pores diffus, peu nombreux et disposés selon des files radiales. Rayons très larges et rayons unisériés. Hauteur des rayons pouvant atteindre 15 à 20 cellules. Rayons homogènes. Présence de fibres trachéides et fibres libriformes. Perforations simples. Pas d'épaississements spiralés.

3.b - identification.

Quercus ilex L. Chêne-vert.

COMMENTAIRES

Ces trois essences s'ajoutent au pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), identifié sur les membrures M1, M2, M3, M5, M6 et M12 qui avaient été échantillonnées lors de la campagne 2003.

Le **pin de Bosnie** occupe une place appréciable sur les montagnes méditerranéennes des Balkans centraux et, à un moindre degré, d'Italie du sud. Il offre une aire de distribution géographique qui s'étend de la Calabre jusqu'en Bulgarie. Aujourd'hui, les peuplements de pin de Bosnie les plus importants en superficie se situent en Bosnie-Herzégovine, Serbie, Monténégro, Albanie et en Grèce septentrionale. En Italie méridionale, les peuplements se localisent sur l'Apennin méridional, en Calabre et en Lucanie. Cette essence montagnarde est présente de 1 400 m d'altitude à la limite supérieure des arbres qui peut atteindre 2 500 m (Quézel et Médail, 2003); elle est apte à survivre sur des substrats très rocaillieux, calcaires ou dolomitiques.

En charpenterie navale antique, le pin de Bosnie a été utilisé pour la confection de la quille, du massif d'emplanture du mât, des virures de bordé, des pièces de membrure et des vaigres de l'épave Cavalière, pour les virures de bordé de l'épave Caveaux I (Guibal et Pomey, 2003, 2004).

Le pin d'Alep et le chêne vert sont deux essences largement distribuées dans les étages de végétation thermo-méditerranéen et méso-méditerranéen, à proximité des côtes, dans les plaines et sur les collines (Lieutaghi, 2004, Quézel et Médail, 2003).

L'aire générale du **chêne vert** couvre une grande partie de la région méditerranéenne. Il est répandu de la péninsule ibérique à la Turquie, couvrant le sud de la France, une grande partie de l'Italie, l'ouest des pays de l'Adriatique, la Grèce et les îles de la Méditerranée, sauf Chypre. Il est présent à l'ouest et au nord-ouest de l'Asie mineure, au nord-est de la Lybie et dans toute l'Afrique du nord où il s'élève jusqu'à 2 800 m. En France, à l'état isolé, on peut le rencontrer jusqu'à une altitude égale à 1 300 m dans les Cévennes; les vrais peuplements les plus élevés se rencontrent sur le Grand-Luberon (altitude 1 000 m). En Corse, où il peut s'élever jusqu'à 1 200 m, le chêne vert trouve les meilleures conditions de croissance entre 400 m et 700 m, sur tout le pourtour de l'île, particulièrement sur la côte ouest. Plutôt indifférent à la nature chimique du sol, le chêne vert ne préfère le calcaire qu'en ses stations les plus septentrionales, pour la quantité de chaleur plus grande qu'il trouve sur ce substrat.

Son bois est très dur, très compact et très homogène; il présente l'inconvénient de se fendiller au séchage et est réputé pour corroder les clous de fer lorsqu'il n'est pas utilisé bien sec (Lieutaghi, 2004). Longtemps resté un bois de charonnage apprécié, il a aussi beaucoup été utilisé pour confectionner des rabots et des varlopes, des dents d'engrenage, des manches d'outils et des éléments d'accastillage.

En charpenterie navale antique, c'est l'essence par excellence pour la réalisation des pièces d'assemblage (gournables, tenons, chevilles). Il a été utilisé pour la confection de la quille sur les épaves Pointe du Brouil, Dramont C, pour les pièces de membrure sur les épaves Chrétienne C, Dramont C, Dramont A, Cap de l'Esterel, Saint-Gervais III, pour les serres sur l'épave Baie de Briande (Guibal et Pomey, 2003, 2004).

Planté depuis fort longtemps dans toute la région méditerranéenne, le **cyprès** paraît originaire des pays de la mer Égée et de l'Asie mineure (Lieutaghi, 2004). Il fournit un bois d'excellente qualité qui se travaille aisément et se polit bien, qui peut se conserver très longtemps sous l'eau et qui n'est pas attaqué par les insectes (Lieutaghi, 2004).

Généralement utilisé dans l'est de la Méditerranée pour des travaux de menuiserie, il peut, si ses dimensions le permettent, être employé comme bois de charpente.

En charpenterie navale antique, il a été utilisé pour la confection de virures de bordé sur l'épave de la Bourse à Marseille (Rival, 1991).

Le **pin d'Alep** est une essence majeure sur le pourtour méditerranéen en raison des surfaces qu'elle couvre (3,5 millions d'hectares) et compose souvent les éléments physiologiques principaux dans les paysages forestiers. Il connaît une grande extension dans tout le sud-est de l'Espagne, en Afrique du nord où il est présent du bord de mer jusque sur les massifs présahariens, en France, en Italie et dans les Balkans où il est présent épisodiquement sur le littoral dalmate. Au Proche-Orient, il est pratiquement absent de l'Anatolie méridionale. On le rencontre en Syrie sur le revers occidental de la chaîne des Alaouites, au Liban sur le littoral, en Israël, en Jordanie et en Lybie. En France, le pin d'Alep reste assez rare à l'ouest du Rhône, mais devient très abondant en Provence, où il atteint les limites nord de la région méditerranéenne (Quézel et Médail, 2003). Selon Gamisans (1991) cité par ces derniers auteurs, il reste très localisé en Corse, notamment aux environs du golfe de Saint-Florent.

Son bois assez léger, peu résistant et très riche en résine limite son utilisation à la menuiserie commune et à la caisserie.

En charpenterie navale antique, il a été utilisé pour la confection de la quille sur l'épave Cap de l'Esterel, l'étambot sur l'épave Laurons 2, la carlingue sur l'épave Saint-Gervais III; des virures de bordé sur les épaves Grand-Congloué, Chrétienne A, Dramont C, Jeume-Garde B, Saint-Gervais III, Laurons 1, Laurons 2; des pièces de membrure sur les épaves Jeume-Garde B, Saint-Gervais III, Laurons 1, Laurons 2; des serres sur les épaves Chrétienne C, Chrétienne A, Plane 1, Laurons 2 (Guibal et Pomey, 2003, 2004).

2. ANALYSE DENDROCHRONOLOGIQUE.

2.1. La dendrochronologie. Rappel.

La croissance annuelle des végétaux ligneux qui se développent dans les régions soumises à un climat tempéré est constituée d'un allongement terminal et d'un cerne.

L'épaisseur des cernes résulte d'un ensemble de facteurs internes et de facteurs externes à l'arbre. Parmi les facteurs externes intervient le climat qui entraîne des variations d'épaisseur de fréquence variée, parmi lesquelles des variations de haute-fréquence (variations inter-annuelles). Ces variations d'épaisseur sont plus ou moins marquées et presque similairement reproduites sur tous les arbres d'une même espèce qui poussent sous les mêmes conditions climatiques. Il en résulte que des séquences de cernes minces ou affectés de caractères anatomiques particuliers communes à plusieurs arbres peuvent constituer des repères chronologiques qui permettent de synchroniser des séries de cernes.

La comparaison d'échantillons de date inconnue avec des séries de cernes déjà datées permet d'identifier l'année de formation de chaque cerne et, dans les cas où la totalité des cernes élaborés par l'arbre est conservée, de connaître l'année d'abattage des arbres dans lesquels les pièces correspondantes ont été façonnées. Les séries numériques d'épaisseurs de cernes sont utilisées pour calculer des chronologies individuelles, moyennes et régionales; ces dernières sont appelées *chronologies de référence*. Élaborées avec des échantillons représentatifs d'arbres sur pied pour lesquels l'année de formation du dernier cerne est connue et avec des échantillons issus de pièces de bois de la même essence, présumées de plus en plus anciennes et correspondant généralement à des vestiges de l'activité humaine (bois de charpente, substructures, pieux de soutènement), les chronologies de référence permettent de dater l'année de formation de chaque cerne délivré par l'échantillon et dater l'année d'abattage de l'arbre dans lesquels la pièce a été réalisée.

D'un principe théorique simple, la datation du bois par les cernes de croissance des arbres se heurte dans la pratique:

– à l'inégalité des essences dans leurs réactions aux variations des facteurs de leur environnement: en effet, à côté des essences dont la croissance en diamètre dépend davantage des conditions édaphiques que des conditions climatiques (peuplier, saule), d'autres essences produisent fréquemment des cernes dédoublés ou à la concentricité altérée (ex. cyprès, olivier);

– aux exigences de l'échantillonnage dans la mesure où la synchronisation passe par l'amplification du facteur environnemental variable d'une année à l'autre aux dépens du facteur individuel, réalisée lors de la sommation d'au moins une dizaine d'échantillons pour acquérir une chronologie moyenne stationnelle longue d'au moins quatre-vingts années.

2.2. Résultats

Après un rafraîchissement effectué à la lame de rasoir afin d'améliorer la lecture des cernes, toutes les séries d'épaisseurs de cernes ont été mesurées avec une précision de 1/1 000 mm. Du fait du débitage des pièces (virures débitées sur dosse, membrures obtenues à partir de troncs refendus), il n'a pas été possible de multiplier les rayons de mesure sur une même pièce : un seul rayon de mesure a donc été mesuré par pièce.

Le tableau suivant résume le nombre de cernes mesuré par pièce.

Préceinte	Virure	Virure	Virure	Membrure	Membrure	Membrure	Épontille
Q	V1	V2	V7	M4	M13	M14	E
Pin de Bosnie	Cyprès	Cyprès	Cyprès	Chêne vert	Pin de Bosnie	Pin de Bosnie	Chêne vert
30 cernes	51 cernes	66 cernes	34 cernes	18 cernes	30 cernes	17 cernes	17 cernes

En raison d'altérations de la concentricité des cernes, les pièces M4 et M14, constituées respectivement de 18 et 17 cernes, n'ont pas été mesurées. Au total, seules deux pièces, toutes deux débitées dans du bois de cyprès, offrent plus de 40 cernes. Les pièces sont dépourvues de changements brutaux de croissance (Schweingruber et al., 1990; Trenard, 1988, 1992) assimilables à des bruits locaux : le signal interannuel, de haute-fréquence ne semble donc pas perturbé (voir Annexes Courbes des variations interannuelles des épaisseurs brutes).

Avant de rechercher des synchronismes entre des séries représentatives de pièces de bois différentes, les séries d'épaisseurs de cerne ont été standardisées. La standardisation permet de réduire les signaux de basse et moyenne-fréquence propres à une série élémentaire, notamment la décroissance générale de l'épaisseur des cernes avec l'âge et avec la géométrie du tronc, et accentuer les variations interannuelles (haute-fréquence) communes à toutes les séries. Une fois transformées en données standardisées, les séries peuvent être comparées deux à deux. Toutes les séries ont été comparées selon deux approches afin de rechercher les synchronismes intersériels :

– à l'aide du test de Student appliqué au coefficient de corrélation intersériel qui quantifie la concordance entre deux séries une fois que les données brutes sont standardisées. Ce test a été appliqué à un indice (indice *E*) qui rapporte le logarithme de chaque épaisseur de cernes à la moyenne des sept cernes sur lesquels il est centré après avoir éliminé de celle-ci le terme à corriger et les valeurs minimale et maximale de la moyenne mobile (Lambert et Lavier, 1992);

– sur la base de la recherche de cernes ou de séquences de cernes similaires sur plusieurs courbes élémentaires de la variation de l'épaisseur des cernes au cours du temps, examinées deux à deux sur une table lumineuse ou sur l'écran d'un ordinateur.

Aucune synchronisation inter-pièce d'une même essence n'a été obtenue. Pour les pièces débitées dans du bois de chêne vert ou de pin de Bosnie, la raison est due au très faible nombre de cernes offerts par les cinq pièces concernées (17 à 30). Pour les trois virures débitées dans du bois de cyprès, l'optimisation du débitage des billes, fréquente en charpenterie navale antique pour la réalisation des virures de

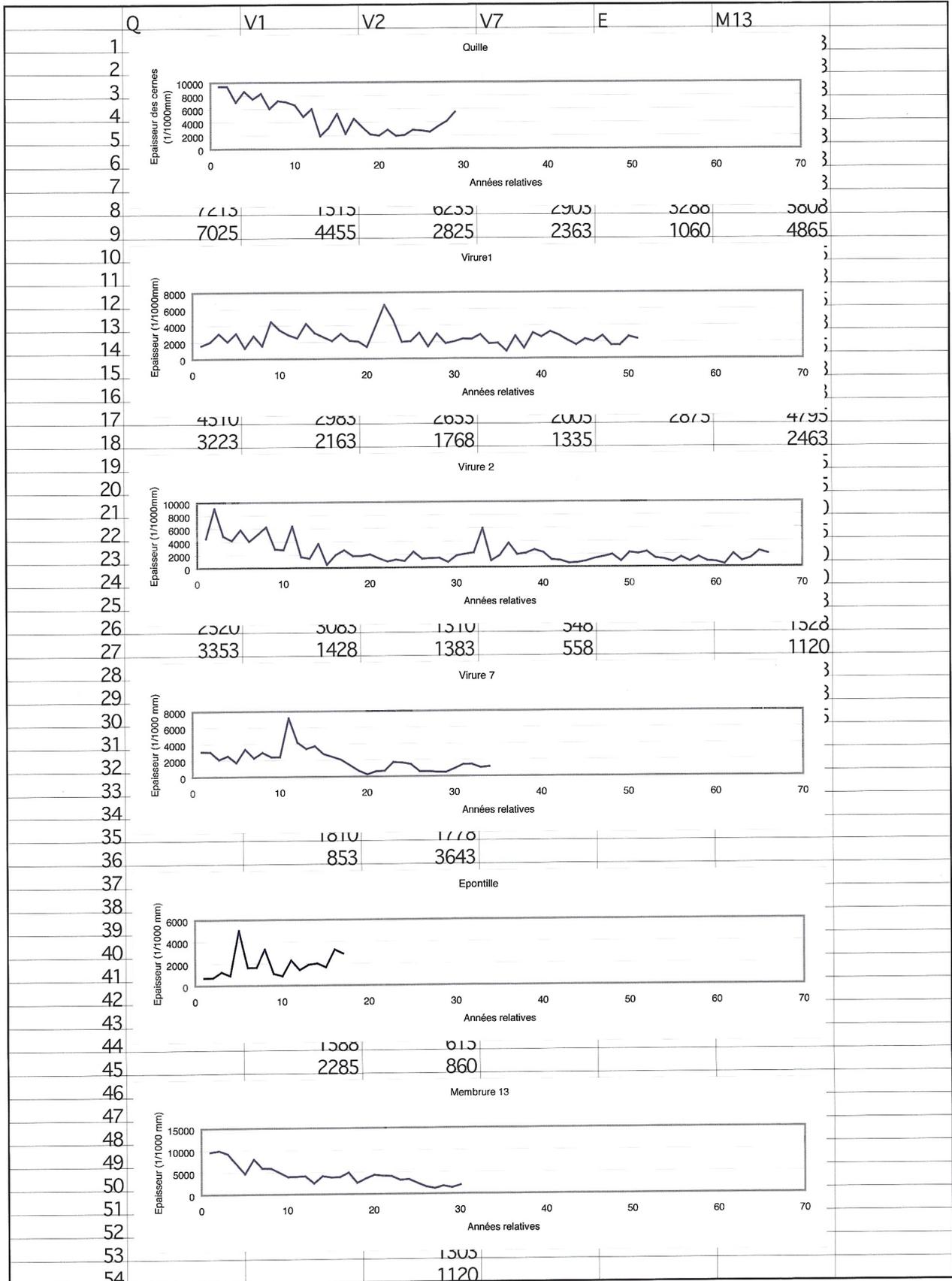
bordé (Guibal et Pomey, 1998), peut avoir délivré des pièces qui, bien que contemporaines, n'offrent pas les mêmes séquences de cernes et, de ce fait, ne permettent pas d'établir un synchronisme.

Les chronologies élémentaires représentatives de l'épave de Porticcio ont ensuite été comparées, une à une, aux chronologies stationnelles construites sur d'autres sites antiques. Parmi ceux-ci figurent un ensemble de gisements sous-marins analysés dans le cadre du programme de recherche intitulé «*Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée*» (Guibal et Pomey, 1998, 2003, 2004) et quelques sites antiques terrestres (Toulon-Riaux, Toulon-l'Équerre, Marseille Jules-Verne, Marseille Villeneuve-Bargemon).

Aucune corrélation significative, tant statistique que visuelle, n'a permis de dater les chronologies élémentaires obtenues sur l'épave de Porticcio qui demeurent donc, à ce jour, flottantes. Intégrées dans la banque de données dendrochronologiques de l'Institut Méditerranéen d'Écologie et de Paléocologie, elles demeureront l'objet de tests de synchronisation qui seront systématiquement pratiqués lors de chaque amélioration de cette banque.

Références

- GAMISANS, J., 1991, *La végétation de la Corse*. Compléments au Prodrôme de la Flore Corse, annexe 2. Conservatoire et Jardins Botaniques de Genève, Genève, 391p.
- GUIBAL, F. et POMEY, P., 1998, L'utilisation du matériau-bois dans la construction navale antique : analyse anatomique et dendrochronologique. Congrès nat. Soc. Hist. Scient., 120^e, Aix-en-Provence 1995, Nice, 1996, Archéologie Méditerranée, Editions du C.T.H.S., 159-175.
- GUIBAL, F. et POMEY, P., 2003, Timber Supply and Ancient Naval Architecture. In «*Boats, Ships and Shipyards*», Beltrame C. (ed.), Proceedings of the IXth Int. Symp. on Boat and Ship Archaeology, Venice 2000, 35-41.
- GUIBAL, F. et POMEY, P., 2004, Dendrochronologie et construction navale antique. *Revue d'Archéométrie*, 28, 35-42.
- JACQUIOT, C., TRENARD, Y. et DIROL, D., 1973, *Atlas d'anatomie des bois d'Angiospermes (Essences feuillues)*, t.1 : texte, t.2 : planches, Centre Technique du Bois, Paris.
- LAMBERT, G.-N. et LAVIER, C., 1992, L'étalon de datation dendrochronologique Bourgogne 29. In «*Les veines du temps. Lectures de bois en Bourgogne*», Catalogue d'exposition, 123-156.
- LIEUTAGHI, P., 2004, *Le livre des arbres, arbustes et arbrisseaux*. Actes Sud, 1322 p.
- QUEZEL, P. et MEDAIL, F., 2003, *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier (collection Environnement), Paris, 573 p.
- RIVAL, M., 1991, *La charpenterie navale romaine. Matériaux, méthodes, moyens, Travaux du Centre Camille Jullian*, n° 4, Paris, Ed. CNRS, 324 p.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1978, *Mikroskopische Holz anatomie, Anatomie microscopique des bois, Microscopic wood anatomy*, Institut Fédéral de Recherches Forestières, Ed. Zürcher AG, Zug.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1990, *Anatomie europäischer Hölzer, Anatomy of European woods*, Haupt, Bern und Stuttgart.
- SCHWEINGRUBER, F.H., ECKSTEIN, D., SERRE-BACHET, F. et BRÄKER, O.U., 1990, Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia*, 8, 9-38.
- TRENARD, Y., 1988, La datation par la dendrochronologie. Remarques complémentaires. *Histoire et Mesure*, III, 3, 309-312.
- 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, p. 43-73.



ANNEXE 4

DIMENSIONS DES CLOUS DE BRONZE								
Longueur (mm)	Section (mm x mm)	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Section (mm x mm)	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Section (mm x mm)	Diamètre (mm)
42	3x3	8	92	7x7	14	> 42	8x8	15
70	3x4	11	124	7x7	14	> 50	8x8	18
51	4x4	11	112	7x7	14	> 94	8x8	17
77	4x4	7	35	7x7	10	103	8x8	19
> 62	4x4	?	150	7x7	18	120	8x8	17
96	5x5	11	142	7x7	17	140	8x8	19
>30	5x5	9	>90	7x7	16	170	8x9	20
65	5x5	11	90	7x7	13	136	9x9	16
>70	5x5	Ind.	90	7x7	12	>50	9x9	20
>68	5x5	Ind.	135	7x7	18	>130	9x9	20
83	5x5	14	140	7x7	15	182	9x9	21
> 51	5x5	?	>60	7x7	17	>75	9x9	16
> 92	5x5	?	>50	7x7	18	>73	9x9	19
132	6x6	14	>60	7x7	19	77	9x9	13
120	6x6	12	>67	7x7	16	>65	9x9	22
106	6x6	13	>60	7x7	16	>65	9x9	19
70	6x6	10	132	7x7	18	>65	9x9	18
135	6x6	14	90	7x7	12	> 31	9x9	19
120	6x6	14	>80	7x7	16	> 59	9x9	16
90	6x6	13	93	7x7	13	> 60	9x9	?
112	6x6	14	> 31	7x7	15	> 61	9x9	?
130	6x6	15	> 38	7x7	?	> 42	9x9	19
125	6x6	16	70	7x7	14	> 50	9x9	?
>75	6x6	13	120	8x8	14	> 32	9x9	16
80	6x6	11	150	8x8	20	195	9x9	22
90	6x6	14	116	8x8	15	>70	10x10	21
130	6x6	14	136	8x8	17	> 58	10x10	?
> 61	6x6	?	100	8x8	17	> 38	10x10	20
> 64	6x6	?	135	8x8	17	> 100	10x10	?
> 24	6x6	19	>70	8x8	15	> 90	10x10	20
> 25	6x6	13	>90	8x8	19	145	10x10	22
> 82	6x6	?	>50	8x8	13	> 170	10x10	24
> 90	6x6	?	>65	8x8	17	> 92	10x11	24
115	6x6	13	>65	8x8	17	> 35	10x11	25
135	7x7	17	>38	8x8	15	>53	11x11	20
80	7x7	12	130	8x8	15	230	11x11	23
157	7x7	17	>55	8x8	18	230	11x11	26
147	7x7	18	>80	8x8	20	192	12x12	22
126	7x7	12	>50	8x8	20			
90	7x7	14	>82	8x8	20			
131	7x7	14	> 31	8x8	20			
>20	7x7	13	>36	8x8	?			
>152	7x7	Ind.	> 63	8x8	?			