



HAL
open science

L'utilisation du bois dans les aménagements portuaires antiques de Narbonne/Narbo Martius (Aude)

Corinne Sanchez, Jean-Michel Fabre, Sophie Coadic, Julie Labussière, Benoît Favennec, Marie-Pierre Jézégou, Stéphanie Wicha, Patrice Cervellin, Patrick Andersch Goodfellow, Cécile Rivals

► To cite this version:

Corinne Sanchez, Jean-Michel Fabre, Sophie Coadic, Julie Labussière, Benoît Favennec, et al.. L'utilisation du bois dans les aménagements portuaires antiques de Narbonne/Narbo Martius (Aude). Gallia - Archéologie des Gaules, 2020, Les ports romains dans les Trois Gaules. Entre Atlantique et eaux intérieures, 77 (1), pp.489-508. 10.4000/gallia.5703 . hal-03173154

HAL Id: hal-03173154

<https://hal.science/hal-03173154v1>

Submitted on 18 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'utilisation du bois dans les aménagements portuaires antiques de Narbonne/*Narbo Martius* (Aude)

Corinne SANCHEZ, Jean-Michel FABRE, Sophie COADIC, Julie LABUSSIÈRE,
Benoit FAVENNEC, Marie-Pierre JÉZÉGOU et Stéphanie WICHA
avec la collaboration de Patrice CERVELLIN, Patrick ANDERSCH GOODFELLOW
et Cécile RIVALS*

Mots-clés. *Chenal, berge, bois d'œuvre, palée, caisson, machine à élévation.*

Résumé. *Narbonne/Narbo Martius, située au croisement de voies maritimes, fluviales et terrestres, a été un lieu d'échanges entre la Méditerranée et l'Atlantique dès le II^e s. av. J.-C. Son système portuaire, qui s'est constamment adapté aux contraintes environnementales, inclut un port urbain ainsi que des avant-ports autour des étangs de Bages/Sigean, situés à 4 km au sud de la ville. L'Aude, l'Atax antique, est mentionnée par les auteurs anciens comme une voie commerciale majeure. Le projet collectif de recherche sur les ports antiques de Narbonne a permis de réaliser des fouilles de grande ampleur sur son embouchure; celle-ci fut canalisée au cours du I^{er} s. apr. J.-C. et abandonnée à partir du V^e s. apr. J.-C. Elle était le lieu*

du transbordement des marchandises depuis les navires hauturiers vers des bateaux fluviaux comme l'illustre la découverte de l'épave Mandirac 1. Rarement observée en Méditerranée, l'utilisation du bois est ici bien attestée pour les nombreuses constructions réalisées en milieu humide. Les pieux, palées et caissons vont servir à aménager les berges et à construire des digues encadrant le passage du cours d'eau dans la lagune. Si les bois se retrouvent sur l'ensemble du tracé, leur implantation s'adapte aux variations du substrat et aux contraintes physiques micro-locales (houle, courant, vent). Le maintien des ouvrages sur la longue durée implique des phases de modifications et de reconstructions. L'objectif de cet article est de mieux comprendre les choix et la variété des techniques mises en œuvre dans le cadre de ces aménagements fluviaux et portuaires.

The use of wood in the ancient port facilities of Narbonne/*Narbo Martius* (Aude)

Keywords. *Channel, bank, timber, pier, box, lifting device.*

Abstract. *Narbonne/Narbo Martius is located at the crossroads of sea, river and land routes, has been a place of exchange between the Mediterranean and the Atlantic since the 2nd c. BC. Its port system, which has constantly adapted to environmental constraints, includes an urban port as well as outports around the Bages/Sigean ponds located 4 km south of the city. The Aude, the ancient Atax, is mentioned by ancient authors as a major trade route. The collective project on the ancient ports of Narbonne led to large-scale excavations at the river mouth: it was channelled during the 1st c. AD and abandoned from the 5th c. AD on. It was the place where goods were transhipped from deep-sea vessels to*

river boats, as illustrated by the discovery of the Mandirac 1 wreck. Rarely observed in the Mediterranean, the use of wood is well documented here for the numerous constructions built in wetlands. The piles, bents and caissons were used to develop the banks and to build dykes framing the passage of the watercourse in the lagoon. Although the wooden pieces are found along the entire route, their location is adapted to variations in the substrate and to micro-local physical constraints (swell, current, wind). The maintenance of the structures over the long term implies phases of modification and reconstruction. The aim of this article is to better understand the choices and the variety of techniques used in the context of these river and port developments.

* Les affiliations, adresses et courriels des auteurs se trouvent à la fin de cet article.

Narbonne, *emporion* le plus important de la région, voire de la Celtique tout entière d'après Strabon (*Géographie*, IV, 1, 6 et 12), présente comme particularité d'être distante d'une douzaine de kilomètres de la mer. Elle est de nos jours traversée par le « canal de la Robine », reprenant en partie l'ancien lit de l'Aude qui a dévié au *xiv^e* s. (Larguier 1996). Durant l'Antiquité, l'*Atax* (l'Aude), dont le cours actuel se situe au nord de la ville, reliait l'agglomération à une vaste étendue lagunaire de 60 km² correspondant aux étangs de Bages et Sigean (fig. 1). L'ancien cours d'eau a fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre du projet collectif de recherches sur les ports antiques de Narbonne¹, dont l'objectif était de mieux connaître l'emplacement et l'évolution des espaces portuaires dans un milieu fluvio-lagunaire mouvant. L'étude des photographies aériennes a permis d'avancer des hypothèses sur le tracé antique de ce fleuve jusqu'à son embouchure, située dans le secteur du Castérou/Mandirac, espace semi-marécageux à 6 km au sud de Narbonne (Falguéra *et al.* 2000). Dès 1914, Henri Rouzard avait proposé de voir à cet endroit « l'antique Robine » (Rouzard 1914). Après les premières prospections géophysiques qui ont débuté en 2007 (Mathé *et al.* 2018), plusieurs campagnes de fouilles se sont succédé jusqu'en 2015. Elles ont mis en évidence deux digues parallèles, distantes d'une cinquantaine de mètres et reconnues sur quasiment 2 km, encadrant le fleuve à son embouchure (fig. 1). Ces ouvrages ont contraint le fleuve, ce qui présentait comme avantage une accélération de son débit et provoquait ainsi un effet de chasse évacuant le sable². La compréhension de ce milieu dynamique s'est appuyée sur une approche interdisciplinaire. La focalisation sur l'utilisation du bois dans cet article a pour objectif la présentation d'un contexte portuaire original reposant sur l'endiguement du fleuve dans la lagune.

Au vu de l'étendue des vestiges, les fouilles se sont concentrées sur deux grands secteurs. Le premier, en amont, au lieu-dit Mandirac, l'autre en aval dans l'espace marécageux du Castérou (fig. 2). Plusieurs sondages ont complété les observations. Prenant appui au nord sur une partie terrestre³, les constructions linéaires observées peuvent être considérées comme des jetées ; encadrant le cours de l'Aude, elles ont également une fonction de digues. Leur surface, pouvant atteindre une dizaine de mètres de largeur, est utilisée comme voie de circulation et de déchargement permettant de les qualifier de chaussées ou de quais (fig. 3). L'objectif de la chenalisation de l'embouchure est l'aménagement d'un espace portuaire stable, bénéficiant d'une profondeur d'eau suffisante à l'accueil de navires et aux activités de transbordement. L'embouchure antique représentait un enjeu

1. Recherches coordonnées par C. Sanchez et M.-P. Jézégou dans le cadre d'un partenariat inédit entre la région Occitanie, le CNRS, le ministère de la Culture (SRA et Drassm), l'université Montpellier-III et les villes de Narbonne et Gruissan. Géré par le laboratoire Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, UMR 5140, ce programme bénéficie également du soutien du Labex ARCHIMEDE, au titre du programme « Investissements d'Avenir » ANR-11-LABX-0032-011. Les fouilles du Castérou-Mandirac ont été réalisées sous la direction de C. Sanchez de 2008 à 2013.

2. Nous remercions A. de Graauw qui nous a fourni son éclairage d'ingénieur portuaire pour la compréhension de ces aménagements.

3. Le sondage le plus en amont (tranchée 1, de 2010) n'a pas révélé de bois conservés et la fondation de la voie est constituée par des amphores à la verticale. Cette pluralité des mises en œuvre montre que l'utilisation des amphores semble correspondre plus spécifiquement à de l'assainissement, mais n'est pas privilégiée dans des constructions de type digue.

majeur pour les activités économiques qui reposaient en grande partie sur le trafic fluvial. Les digues séparant le fleuve de la lagune ont été fondées au *i^{er}* s. apr. J.-C. sur des remblais maintenus en place par des palplanches et ont fait l'objet de phases d'entretien et de réparation jusqu'au *v^e* s. apr. J.-C. Les berges ont été stabilisées grâce à un dense réseau de pieux et de planches qui maintiennent un enrochement. Les bois d'œuvre constitutifs de ces aménagements n'ont pu être systématiquement prélevés, mais ont fait l'objet d'observations de terrain effectuées par un spécialiste ; ce dernier a aussi guidé le choix des échantillons. Les attendus des études sur ces vestiges étaient multiples : phasage des constructions, identification des essences, modes de débit, tracéologie, mise en évidence de remplois...

Afin d'illustrer la diversité de l'utilisation de ces bois en contexte portuaire, trois points seront abordés :

- leur mise en œuvre pour construire en zone humide au cours du *i^{er}* s. apr. J.-C. ;
- les phases de reconstruction/réparation, notamment au cours de l'Antiquité tardive ;
- et enfin, les vestiges d'une probable machine de déchargement.

FONDER EN ZONE HUMIDE : LA CONSTRUCTION DES DIGUES

LES CONSTRUCTIONS DES PALÉES DU HAUT-EMPIRE : TYPOLOGIE ET FONCTION

Les premières digues aménagées dans cet espace lagunaire étaient constituées de palées en bois, soit d'alignements construits avec des planches soutenues par des pieux, venant stabiliser les levées de sable le long du fleuve. Malgré la continuité avérée de ces alignements sur 1,70 km, il existe des variantes dans leur mise en œuvre et dans la typologie des pieux employés. Le système constructif a parfois nécessité des adaptations pour pallier l'instabilité différenciée des sols en zones humides et les pressions venant du fleuve et de la lagune. En effet, ces digues, structures par définition linéaires sur de longues distances, vont donc avoir à répondre (et à résister) à des sollicitations importantes, mais aussi spécifiques selon les secteurs (fig. 1 et 2).

CONTRAINDRE ET GUIDER UN BRAS DU FLEUVE

En rive gauche, dans le sondage le plus en amont (zone 23), au lieu-dit Mandirac (fig. 2 et 4), la digue est constituée de deux alignements de pieux parallèles, espacés de 5,50 m, formant une structure linéaire à double parement⁴. Les bois d'œuvre servant à ces aménagements sont équarris et accolés en rang serré, d'une hauteur d'environ 2 m ; ils s'enfoncent à moitié dans le sol et sont maintenus dans leur partie haute par deux madriers⁵ moisés servant de longrines et assemblés par des tiges métalliques

4. Le môle de la Nautique, autre débarcadère de Narbonne, est construit avec un principe similaire : un coffrage en bois constitué d'un double alignement de madriers, plantés en rangs serrés et renforcés par des longrines, maintient le mur en grand appareil (Antéas 2012, p. 205).

5. Pièce de charpente disposée horizontalement destinée à assurer la solidité de l'ouvrage.

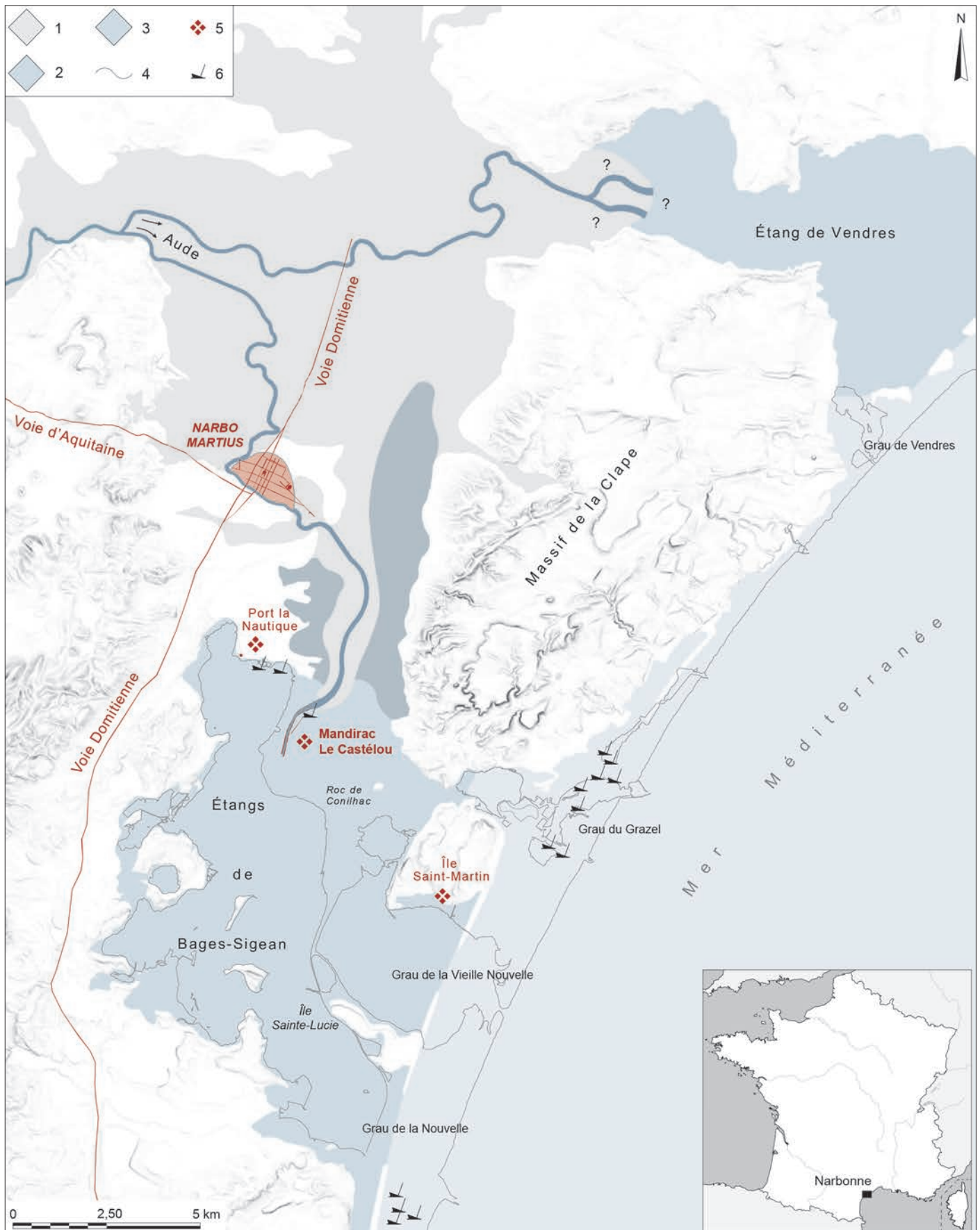


Fig. 1 – Cadre géographique des ports antiques de Narbonne (Aude). 1, plaine alluviale ; 2, étang confiné ; 3, lagune sous influence marine ; 4, rivage actuel ; 5, sites portuaires ; 6, épaves (DAO: J. Cavero, CNRS).

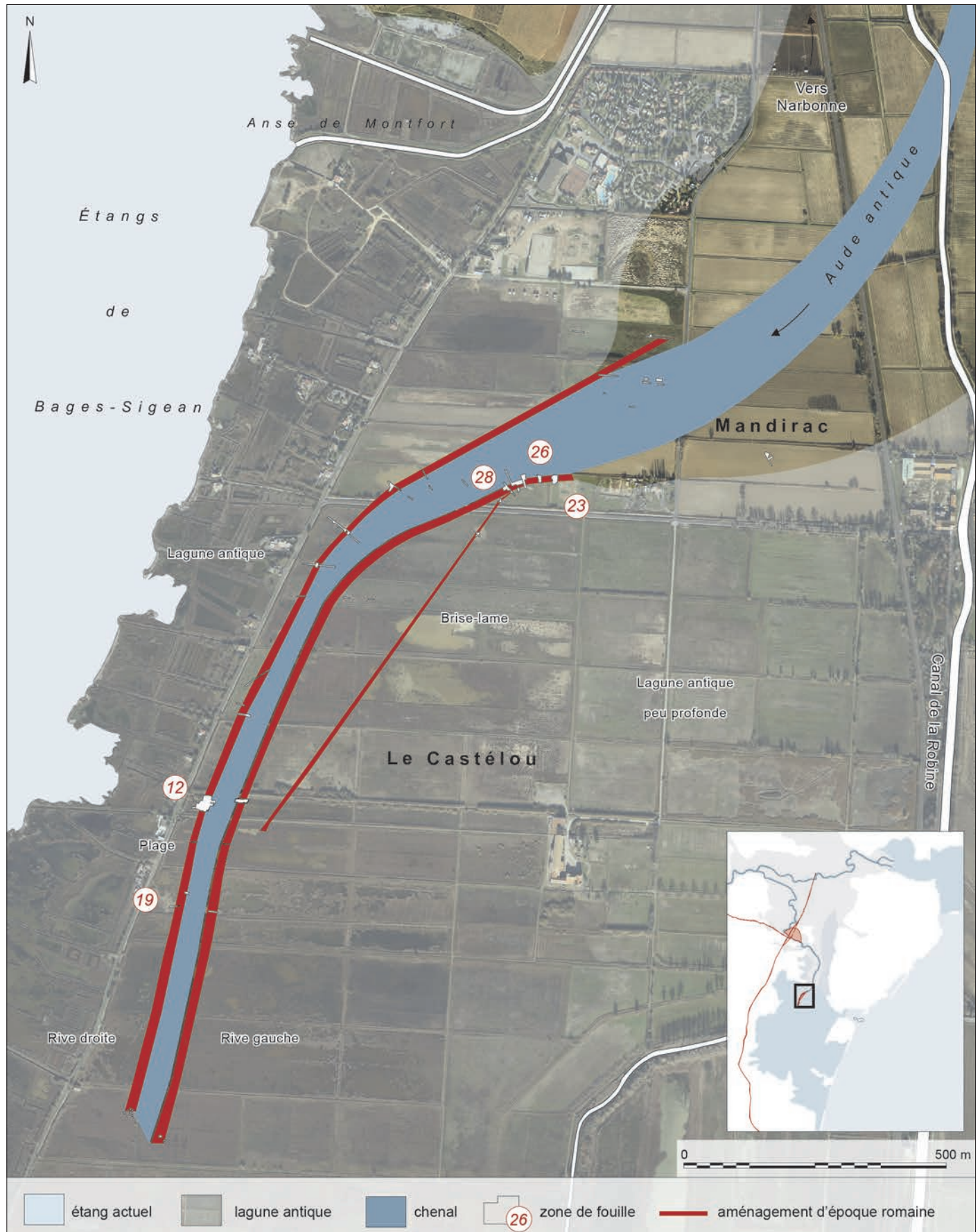




Fig. 3 – Évocation de l'embouchure chenalisée durant l'Antiquité tardive (P. Cervellin, GRAL, CNRS).

(fig. 4a, b et c) dont il ne reste que les percements. Tous les 2 m, perpendiculairement à ces deux rangées, d'autres madriers sont installés par un assemblage à mi-bois⁶ matérialisant de larges caissons rectangulaires, eux-mêmes divisés en compartiments au moyen d'autres pieux et madriers raidisseurs⁷. Ces espaces permettent de caler un remplissage de petits blocs calcaires sur environ 0,50 m de hauteur. Ce système n'a été observé que dans ce secteur, où la pression exercée par le fleuve est sans doute la plus forte, car située à un infléchissement du cours d'eau vers le sud. À cet endroit, un renforcement de la digue apparaît nécessaire au regard des contraintes qu'elle subit. Le clapotis est plus concentré dans les courbes et y accélère l'érosion des structures. D'ailleurs, un brise-lames a été construit à l'est et des caissons viennent renforcer la digue durant l'Antiquité tardive (voir *infra*, p. 498). Sur cette technique de construction de jetées et leur renforcement, il est intéressant de comparer les aménagements

6. Ce système évoque celui d'un assemblage du type blockbau (Gubellini *et al.* 2009).

7. Ces caissons se distinguent de ceux connus sur l'Arc Atlantique (Irún [Espagne], Londres [Angleterre], Bordeaux [Gironde], Rezé [Loire-Atlantique]...), construits sur sablières basses avec des assemblages par tenons et mortaises. À Rezé, ces caissons permettent de créer des terrasses artificielles pour les quais (Mouchard *et al.* 2016).

de Mandirac avec les écrits de Vitruve (*De l'Architecture*, V, 7) sur les ports. Il propose, pour la construction d'une jetée, l'utilisation de batardeaux⁸ et précise que si la violence des flots roulant de la pleine mer vient à rompre les batardeaux, il faudra construire, avec la plus grande solidité possible, un massif contre la terre même ou contre le parapet; la moitié de ce massif sera élevée au niveau du terre-plein; l'autre, qui est la plus rapprochée du rivage, sera en talus.

À seulement quelques mètres en aval (zone 26), le double alignement de pieux se poursuit en conservant le même espacement d'environ 5,50 m. Il maintient une alternance d'apports limoneux et sableux recouverts par du gravier. Les pieux, toujours accolés, sont pris dans l'enrochement de la berge et aucun madrier n'a été observé (fig. 5). L'alignement sur le côté oriental a subi de véritables coups de boutoir des vagues issues de la lagune venant saper les pieux et provoquer leur basculement, renforçant ainsi l'idée d'une zone sensible, comme évoqué précédemment. C'est d'ailleurs à cet endroit qu'une épave sera utilisée pour réparer une brèche dans la digue (voir *infra*, p. 499).

8. Par rapport aux descriptions de Vitruve, aucun mortier n'a été retrouvé à Mandirac.

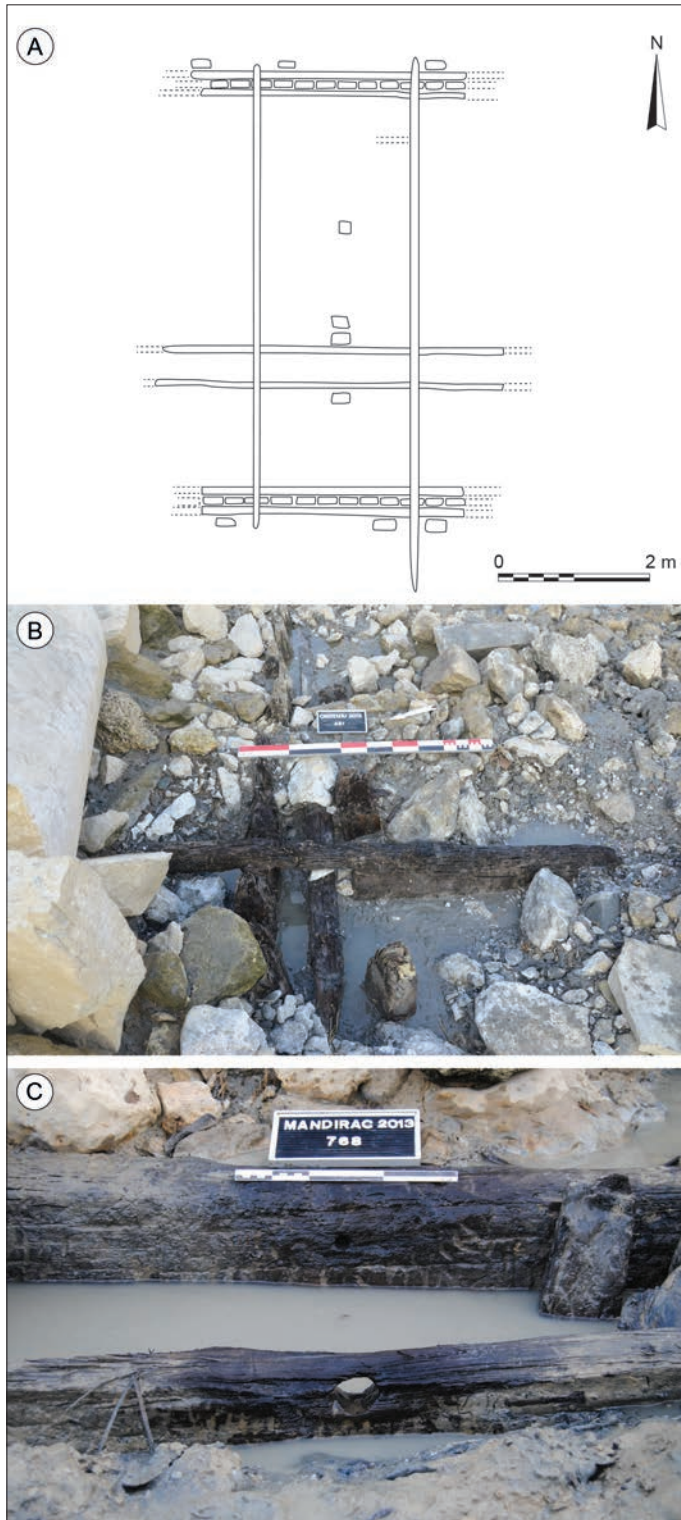


Fig. 4 – A, Schéma des premiers aménagements en bois qui soutiennent la digue à Mandirac, avant qu'elle ne soit recouverte par des blocs. Deux alignements de pieux plantés dans le sable sont bloqués par des madriers sur leur partie haute. **B,** d'autres madriers, perpendiculaires à ces alignements, renforcent leur maintien. **C,** détail de l'emplacement – trou central – de la tige métallique fixant les madriers (clichés: C. Sanchez; DAO: J.-M. Fabre, C. Sanchez).

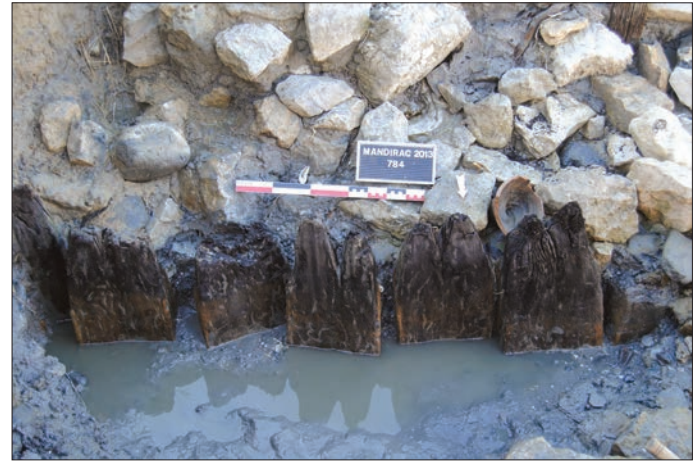


Fig. 5 – Détail de la palée 26018 constituée de pieux rectangulaires. Dans ce secteur, aucun madrier ne les maintient et ils sont plantés dans le sable, puis couverts de blocs (cliché: J.-M. Fabre, CNRS).



Fig. 6 – À Mandirac, côté lagune, la palée 28044 est composée de planches et de pieux rectangulaires qui maintiennent des niveaux de circulation (cliché: B. Favennec, CNRS).



Fig. 7 – Palée en aval, au Castélou, ayant servi à maintenir les sédiments, puis comme fondation des niveaux de circulation au 1^{er} s. apr. J.-C. (cliché: C. Sanchez, CNRS).

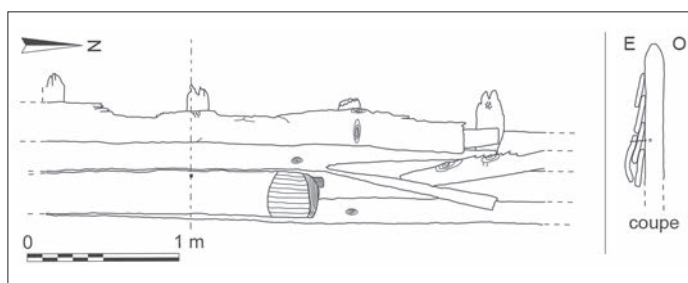


Fig. 8 – Dessin de la palée 12400 du Castélou montrant son assemblage à clin (DAO: J.-M. Fabre, CNRS).

MAINTENIR UN ESPACE DE CIRCULATION

Immédiatement au sud de la zone 23 (zone 28, fig. 2), un changement significatif dans le schéma constructif est observé: sur une centaine de mètres vers l'aval, seul le côté lagune dispose d'une palée observée sur une dizaine de mètres linéaires. Elle est composée de pieux équarris et espacés d'environ 0,70 à 0,80 m (mesure proche du *gradus* romain: 0,74 m) contre lesquels sont plaquées des planches horizontales⁹ bloquées par le remplissage fait de remblais servant de base à un niveau de cailloutis (fig. 6). Les surfaces sont toujours aménagées avec des apports de matériaux et aucun système de platelage n'a été mis en évidence contrairement à Lyon (Colas 2004; Bertrand 2018). Côté chenal, l'enrochement des berges repose sur des pieux plantés dans le sable. La palée et les berges aménagées permettent de contenir le sable déposé naturellement sur les berges, puis différents apports utiles à l'exhaussement de la digue: du sable provenant sans doute de curages/dragages, des remblais, puis des niveaux de galets permettant d'obtenir une surface de circulation hors d'eau. L'utilisation de levées naturelles préexistantes pour constituer une digue ou pour surélever une voie est également attestée à Lyon (Colas 2004; Allinne 2007).

9. La présence de clous a été peu observée.



Fig. 9 – Vue de détail de la palée 12400 du Castélou (cliché: C. Sanchez, CNRS).

À un kilomètre en aval, en rive droite (Le Castélou, zones 12 et 19), une construction similaire (palée, côté lagune, et enrochement, côté fleuve) a été retrouvée. Pour la zone 12, il s'agit d'une organisation rigoureuse avec des pieux espacés selon le même écart que précédemment, de l'ordre du *gradus* (fig. 7). L'implantation d'un large sondage a permis de percevoir, sur une longueur de 15 m, l'organisation de planches épaisses de 2 à 3 cm, montées avec un recouvrement partiel de la planche inférieure qui évoque le bordage à clin (dans ce système constructif, la planche supérieure recouvre partiellement celle du dessous; fig. 8 et 9)¹⁰. Cette technique de mise en œuvre,

10. Il convient de rester prudent par rapport à cette hypothèse, qui demande à être confortée par de plus amples observations et d'autres exemples. En comparaison avec la construction à clin utilisée en architecture navale, les planches ne semblent pas, ici, rivetées entre elles mais fixées dans cette position de recouvrement partiel par des clous qui se fichent essentiellement dans les pieux. Cette différence est sans doute liée au fait que l'étanchéité du système retrouvé ici n'est pas nécessaire.

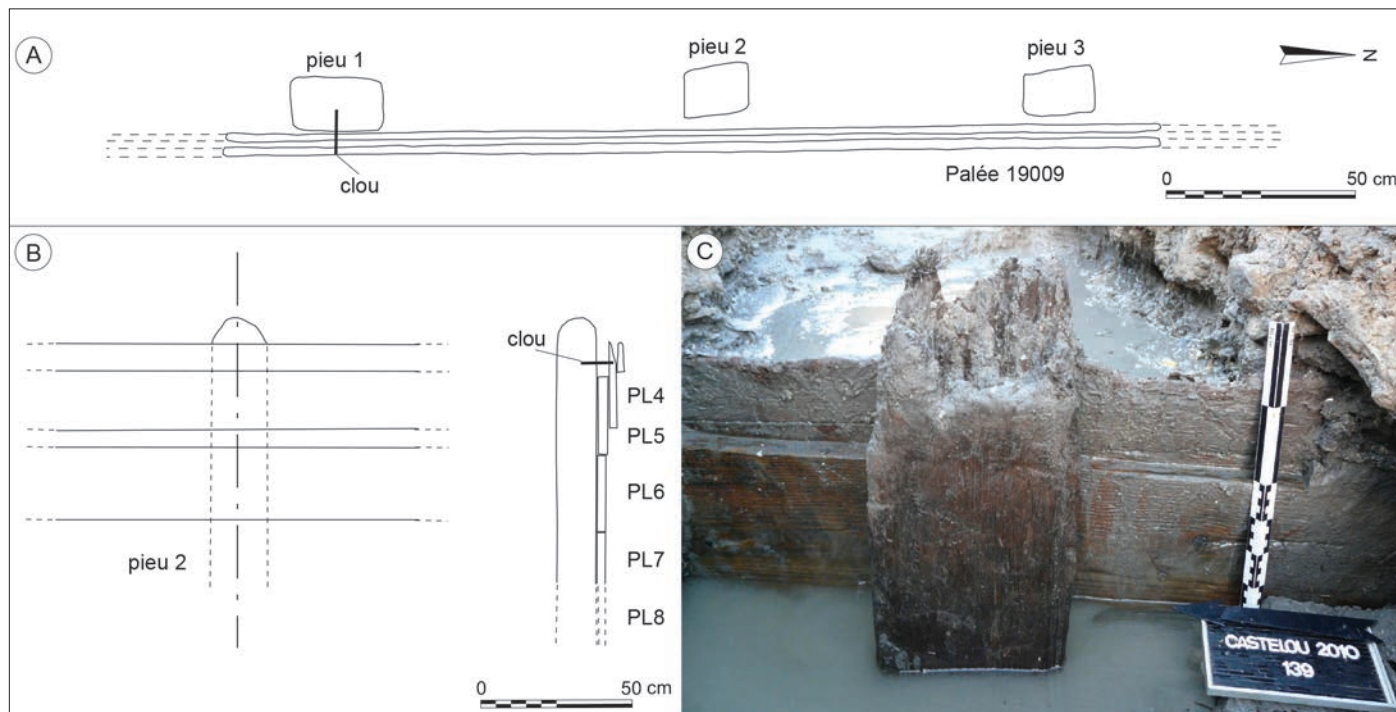


Fig. 10 – Aménagement sud, au Castélou, en rive droite (zone 19): A, plan de la palée 19009; B, relevé de face et coupe; C, vue, prise de face, de l'ouvrage, qui se distingue par sa qualité avec une mise en œuvre très soignée (DAO et cliché: J.-M. Fabre, M. Errera, CNRS).

connue pour la construction navale nordique (Rieth 2016), est ici d'un emploi original et ponctuel, permettant sans doute un meilleur écoulement de l'eau le long de la paroi. Dans ce cas, ce type d'assemblage pourrait avoir comme fonction d'amortir le ressac de l'eau en facilitant son écoulement vers le bas. Outre le maintien de la digue, les pieux de la palée sont aussi utilisés comme pilotis pour un bâtiment large de 7,70 m et long d'au moins 20 m, parallèle au chenal. Sa fonction reste imprécise et l'hypothèse d'un entrepôt repose sur la découverte de verre brut et de minerais qui illustrent la diversité des marchandises déchargées dans ce secteur.

À plus de 200 m en aval (fig. 2), non loin de l'extrémité de l'embouchure (zone 19), la suite de cet aménagement a été découverte directement sous les niveaux de l'Antiquité tardive, avec cependant quelques différences de mise en œuvre. Effectivement, si les pieux rectangulaires sont toujours espacés selon le *gradus* romain, les planches sont doublées en partie supérieure, formant ainsi une paroi épaisse de 7 cm, et agencées à franc-bord sur une hauteur d'au moins 0,80 m (fig. 10). L'agencement demeure à recouvrement partiel pour les deux planches du haut fixées par des clous, mais devient à franc-bord pour les suivantes. Ces batardeaux observés en zones 12 et 19 s'étendent sur au moins 300 m et limitent les remblais, dont l'épaisseur s'amenuise vers le sud.

Ces installations utilisent préférentiellement les procédés de constructions en zones humides connus pour les bonifications des terrains marécageux (Marty *et al.* 2016) et les franchissements des zones palustres, les *pontes longi*. Elles se distinguent des exemples atlantiques par l'absence de poutres massives constituant des caissons (Mouchard *et al.* 2016). L'objectif des constructions du Castélou-Mandirac a été de mettre à profit la présence de sable dont l'incompressibilité a assuré une certaine stabilité aux espaces de circulation et d'activités.

NATURE DES BOIS ET TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE

L'état de conservation des bois apporte une somme d'informations qui permet d'aborder la question de la chaîne opératoire, de leur sélection jusqu'à leur mise en œuvre, en passant par leur débitage.

LES BOIS DE LA DOUBLE PALÉE

En amont, pour la zone 23 (fig. 2 et 11), les bois de la double palée semblent faire l'objet d'une sélection dans le choix des essences employées et dans la mise en œuvre des pièces. Effectivement, l'intégralité des pieux et madriers, y compris ceux faisant office de longrines, est en chêne à feuilles caduques (*Quercus* sp.). Ces pièces présentent des sections homogènes comprises entre 21 et 28 cm de large pour 7 à 12 cm d'épaisseur¹¹.

Dans la continuité du secteur précédent, en zone 26 (fig. 2), les pieux sont des bois de brin juste équarris, de longueur variable mais courts et massifs (1,10-2,10 x 0,13-0,25 x 0,10 m) (fig. 12). Certains d'entre eux ont une typologie particulière: extraits d'une pièce rectangulaire coupée en biais dans sa longueur, ils présentent un côté parfaitement linéaire et un autre qui se termine par un biseau favorisant ainsi la pénétration dans le sol. Cette technique singulière de débitage démontre ici toute l'ingéniosité des artisans dans l'optimisation des matériaux à leur disposition. Il est vrai que les aménagements de ces deux digues, longues de 1,70 km au moins, sont très gourmands

11. Les pieux étant profondément enfoncés à cet endroit, leur longueur n'a pu être évaluée.



Fig. 11 – Vue d'ensemble des fouilles de la rive gauche à Mandirac (cliché : S. Sanz ; DAO : C. Sanchez).



Fig. 12 – Un sondage a permis d'observer les pieux courts et appointés de la palée 26018. Leur profil montre qu'ils proviennent d'une même pièce recoupée en biseau (cliché : C. Sanchez).

en bois et représentent un véritable investissement financier (achat de la matière première et coût du transport). Il s'agit donc de travailler au mieux afin d'éviter les déchets inutiles, c'est sans doute aussi une bonne occasion pour recycler des bois.



Fig. 13 – Planche extraite des constructions de berges. La strie observée témoigne de l'utilisation d'une scie de long (cliché : J.-M. Fabre).

LES BOIS DES SIMPLES PALÉES

Une palée simple a été observée sous les premiers niveaux de circulation à Mandirac (28044 ; fig. 7) ; elle est identique à celle découverte plus au sud au Castérou (sondages 12 et 19). Le bois d'œuvre servant pour ces deux palées est comparable tant dans le choix des essences¹² – pieux en chêne à feuilles caduques et des planches en sapin (*abies alba* Mill.) – que dans les modes de débit. Les grumes, dont sont issus ces pieux, sont d'abord équarries à la hache et les poutres quadrangulaires obtenues sont sciées dans leur longueur pour donner deux pièces de section rectangulaire (sondage 19 ; 24 x 12 à 15 cm) ou quatre de section carrée (sondage 12 ; 14-18 x 10-12 cm). Les planches débitées à la scie de long (fig. 13) présentent des cans rectifiés à la doloire et ont des épaisseurs similaires comprises entre 2 et 3 cm (4,50 cm pour la plus épaisse, dans le sondage 28).

La réalisation de ces ouvrages d'ampleur a été possible grâce à un volume important de bois de qualité, sans doute issu de filières d'importation. À l'époque antique, les surfaces couvertes par les chênaies et les sapinières étaient peu différentes de celles d'aujourd'hui : le chêne devait être présent à basse altitude en région méditerranéenne française, et le sapin en région narbonnaise se trouvait dans les montagnes de l'Aude et des Pyrénées-Orientales (Quézel, Médail 2003). Les analyses dendrochronologiques attestent l'existence d'au moins deux zones d'approvisionnement en région aquitaine et dans le Massif

12. Les identifications des bois ont été réalisées par S. Wicha et F. Guibal ; les datations dendrochronologiques par S. Wicha.

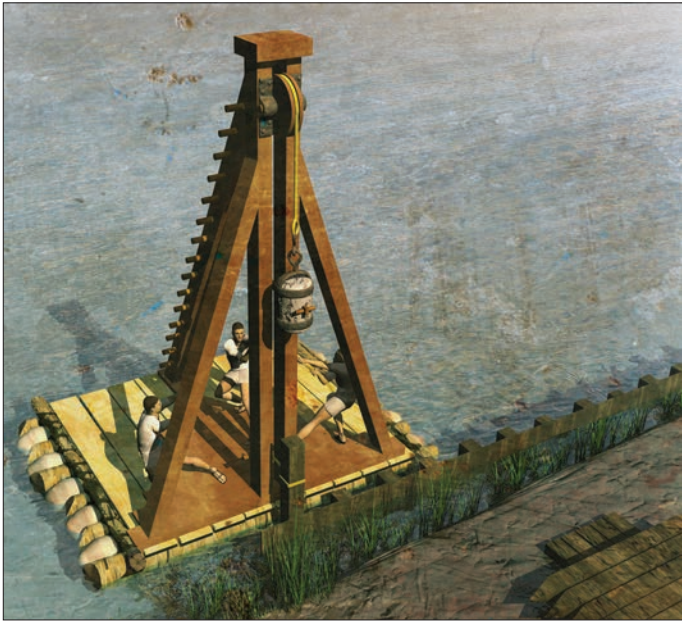


Fig. 14 – Évocation d'une sonnette à tiraude supportée par un radeau. Cet appareil est encore utilisé de nos jours pour le battage des pieux (DAO : P. Cervellin, 2012).

central, dans la limite des référentiels existants (Wicha, Sanchez 2019). Aucune marque martelée sur les pieux ne permet de connaître les commerçants du bois comme c'est le cas à Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône) (Marty *et al.* 2016), mais des graffitis ont été observés sur quelques planches. Il s'agit peut-être d'inscriptions réalisées par les charpentiers. En l'absence de zone de travail du bois identifiée sur le site, nous ne pouvons exclure que ce matériau soit arrivé déjà grossièrement équarri ou débité sous forme de planches ou de madriers.

CHRONOLOGIE ET TECHNIQUE D'IMPLANTATION DES PIEUX

La datation des bois du Castérou-Mandirac repose à la fois sur les études dendrochronologiques et les corrélations stratigraphiques. Il faut noter que l'étude dendrochronologique a connu de nombreuses difficultés, des prélèvements très variables d'un sondage à l'autre, des bois souvent équarris (absence d'aubier), beaucoup de brins trop jeunes (moins de 50 ans), de nombreux emplois et, selon les secteurs, une grande variété de taxons. Cinquante-cinq éléments ont été échantillonnés pour la datation dendrochronologique (chêne, sapin, pin, orme et hêtre¹³). Seuls ceux en chêne à feuilles caduques ont servi à la construction d'une moyenne «Castérou-Mandirac» constituée de 44 individus, longue de 224 ans, datée de 224 av. J.-C. à 78 apr. J.-C. et témoignant de quatre phases d'abattage distinctes¹⁴.

Les palées à clin et à franc-bord du Castérou sont datées entre 40 et 50 apr. J.-C. (*terminus post quem*) et, à Mandirac, si plusieurs pieux de la berge nord sont de l'époque augustéenne,

13. *Quercus cad.*, *Abies alba* Mill., *Pinus* sp., *Ulmus* sp., *Fagus sylvatica* L.

14. Pour le détail de ces datations dendrochronologiques, se référer à Wicha, Sanchez 2019.

il n'en est pas de même pour les autres, dont les dates d'abattage s'échelonnent de 29 à 59 apr. J.-C. (*terminus post quem*). Il existe donc des discordances entre les dates dendrochronologiques, alors que la position stratigraphique et la morphologie des pieux tendraient à indiquer une mise en place synchrone. Ces différences chronologiques sont sans doute attribuables à l'utilisation de bois en remploi.

Dans tous les cas, la date postérieure aux années 60 apr. J.-C. confirme que la construction des digues/jetées est bien à placer dans la seconde moitié du 1^{er} s. apr. J.-C. S'il est difficile de préciser la durée du chantier, l'étude archéologique de ces structures témoigne de leur fonction de maintien originel des digues au cours du 1^{er} s. apr. J.-C. Les différences observées d'amont en aval (pieux maintenus par des madriers, alignement serré de pieux courts, bois à clin, à franc-bord) sont à considérer essentiellement comme des adaptations aux milieux rencontrés (type de substrat, levées de berge, pression dans les courbes, courants, etc.) et/ou aux équipes de travail.

La mise en place des pieux dans un milieu en eau a sans doute été réalisée grâce à la technique dite de «battage» utilisant une «sonnette à tiraude» (Adam 1995). Cette hypothèse est privilégiée en raison des sections parfois importantes des pièces et de la profondeur de leur enfoncement (environ 0,80 m). Cette technique de battage des pieux est employée lorsque leur fonction nécessite un enfoncement profond et solide, ce qui est le cas pour ces palées (fig. 14). Il faut restituer un appareil sur radeau tel que ceux encore utilisés aujourd'hui dans certains ports. Ce système est désigné par Vitruve sous le terme de «*fistuca*», selon A. Félibien (Félibien 1676).

Ces observations permettent d'apprécier les moyens humains et matériels mobilisés pour cette réalisation. Le bois, matériau principal, si ce n'est l'unique au départ, nous renseigne sur ce projet de grande ampleur. Il témoigne d'une mise en œuvre faisant appel à un véritable savoir-faire dans le travail du bois comme dans les techniques de construction en zone humide.

RECONSTRUCTIONS TARDIVES DES DIGUES

TYPOLOGIE ET FONCTION (REHAUSSER, ÉLARGIR, RENFORCER)

Comme pour les aménagements du Haut-Empire, ceux de l'Antiquité tardive ne sont pas homogènes sur l'ensemble du linéaire et s'adaptent aux espaces traversés. Les digues primitives constituent des zones de circulation et, par endroits, des points de débarquement ou d'activité portuaire. Ainsi, des plages sont aménagées, côté lagune, grâce à un réseau de pieux gardant encore leur écorce (fig. 15) et quelques planches. Il ne s'agit alors que de simples alignements peu structurés au sein des enrochements (fig. 16). Ils maintiennent des remblais qui gagnent sur la lagune. Ces constructions ont pour avantage de mieux contrer l'érosion (vent dominant). Côté chenal, les bois sont utilisés en fondation pour stabiliser les enrochements de berges. À ces aménagements de substructures des chaussées/digues viennent s'ajouter, au cours du v^e s. apr. J.-C., de petites palées sommaires qui vont servir de soutien à des blocs en grand appareil. Cette nécessité de surélever ou de réparer les chaussées



Fig. 15 – Pieux bruts utilisés pour stabiliser des niveaux de plage en aval au Castélou (cliché: J. Labussière, CNRS).

se retrouve dans plusieurs secteurs et se caractérise par l'apport de remblais et de gros matériaux, notamment des fragments de monuments publics narbonnais (Sanchez *et al.* 2016, p. 66).

EN AMONT : MANDIRAC

À Mandirac, en rive gauche, afin de rehausser la digue, de nouvelles palées sont construites à 1 m et 2,10 m à l'intérieur des limites des palées primitives. Les pieux sont alors alignés et espacés de 0,50 à 1 m. Ils servent à caler des planches retenant un enrochement constitué de gravats sur lequel reposent deux alignements parallèles de grands blocs équarris, distants de 3 m environ hors œuvre, formant un double parement. De part et d'autre de ce double alignement, et notamment sur la berge nord, côté chenal, un apport massif de pierres consolide cette élévation et la berge. Les blocs en grand appareil utilisés pour les alignements sont issus de bâtiments monumentaux. Ils maintiennent une concentration de pierres et de fragments sculptés concassés qui sont venus recouvrir une épave ayant servi de caisson (fig. 17). La découverte de l'épave contenant encore une partie de sa cargaison laisse entrevoir un événement brutal, nécessitant une reconstruction rapide. Il est cependant difficile de déterminer s'il s'agit des conséquences de phénomènes naturels répétitifs d'une intensité classique ou d'un phénomène exceptionnel de type crue ou tempête du siècle. Ce réaménagement de la digue au cours du ^v^e s. apr. J.-C. illustre en tout cas la nécessité de renforcer et de surélever cet ouvrage.

Ces renforts prennent parfois la forme de grands caissons soutenant la digue, côté lagune, comme à Mandirac, en zone 23. Outre la surélévation de la digue primitive du Haut-Empire par l'apport de blocs monumentaux, un caisson extérieur va stabiliser l'ouvrage (fig. 18). Ce caisson de 4,50 x 7,50 m est constitué d'alignements de pieux et de planches. Les bois employés sont très variés dans leur typologie ainsi que leurs dimensions, et ne semblent pas disposés selon une organisation rigoureuse. Ils sont remplis de blocs calcaires fragmentés et de dimensions variées. Certains comportent des motifs sculptés permettant de les rattacher à des édifices monumentaux de Narbonne, notamment son grand temple (le «Capitole»). L'extrémité sud de la zone 23 est nettement marquée par les assauts de la lagune, rendus



Fig. 16 – Aménagement des berges du côté du chenal au Castélou. Afin de s'adapter à la pente, un hérisson de pieux et de planches maintient l'enrochement (cliché: J.-M. Fabre).

visibles par une déstructuration des alignements de bois et un apport de sable non négligeable venant le recouvrir. Cet élément permet d'interpréter cette structure comme un ouvrage de soutien de la digue afin d'éviter des effets de sape, côté lagune. Ce caisson reste cependant une structure isolée, mais située dans un secteur sensible, à l'extérieur du brise-lames et de la digue, dans une courbe et au point de rétrécissement de l'embouchure (fig. 1, à l'est).

Dans ce même secteur de Mandirac, mais en rive droite, la digue/chaussée occidentale semble moins soumise aux contraintes de cet espace fluvio-lagunaire, puisque de simples alignements de pieux et de planches structurent et retiennent les remblais de galets qui la constituent (fig. 19).

EN AVAL : LA ZONE DU CASTÉLOU

Au sud de Mandirac, les chaussées deviennent parfaitement parallèles et une inversion dans la typologie des aménagements est observée (fig. 1).

En effet, dans la zone du Castélou, aucun bloc en grand appareil n'est présent en rive gauche. De simples alignements de pieux et de planches servent de soubassement aux remblais supportant la digue. Toujours en rive gauche, côté chenal (ouest), les bois maintiennent un robuste enrochement formant la berge. Côté lagune (est), plusieurs alignements au sein de la plage protègent la digue de l'érosion. Ici, elle semble vouée à n'être, outre son rôle de brise-lames, qu'un espace de circulation, peut-être pour le halage.

En revanche, en rive droite, un alignement de blocs en grand appareil marque la limite haute de la berge et le niveau de circulation de la chaussée. Les activités de déchargement sont visibles (fig. 20) devant un bâtiment fondé dès le Haut-Empire et qui est encore utilisé durant la phase tardive. Côté chenal, une multitude de pieux et planches forment de petits caissons structurant la berge (fig. 16), qui semble avoir été renforcée au fil du temps, comme l'atteste la chronologie du mobilier retrouvé au sein des gravats et moellons qui la composent. Côté lagune,



Fig. 17 – En rive gauche à Mandirac, la digue a été surélevée durant l'Antiquité tardive avec l'introduction d'un bateau recouvert de blocs. Sur cette image, on perçoit, au nord, l'alignement de pieux primitifs (26018, voir fig. 11) (cliché: B. Favennec).



Fig. 18 – À Mandirac, contre la digue qui est surélevée par l'accumulation de gros remblais de galets permettant la circulation. La palée nord, côté lagune, maintient les matériaux à l'aide de planches et de pieux bruts (cliché: C. Sanchez).



Fig. 19 – La rive droite à Mandirac est essentiellement composée de gros remblais de galets permettant la circulation. La palée nord, côté lagune, maintient les matériaux à l'aide de planches et de pieux bruts (cliché: C. Faisse, CNRS).

des alignements de pieux de petit diamètre permettent de stabiliser la plage. Le bâtiment est, quant à lui, protégé par un enrochement important le long de cette berge.

Plus en aval, dans la continuité des aménagements observés, les deux digues sont bordées, côté lagune, par une plage aménagée et stabilisée en fondation par des alignements de

pieux et de simples planches. Un treillis de branches a également été observé : il bordait sur 1,40 m de large la palée du Haut-Empire (fig. 21). Côté chenal, la rive gauche est stabilisée par un enrochement reposant sur des alignements de pieux tandis que, pour la rive droite, il s'agit d'une simple rangée de blocs en grand appareil, installés sur un niveau sableux.

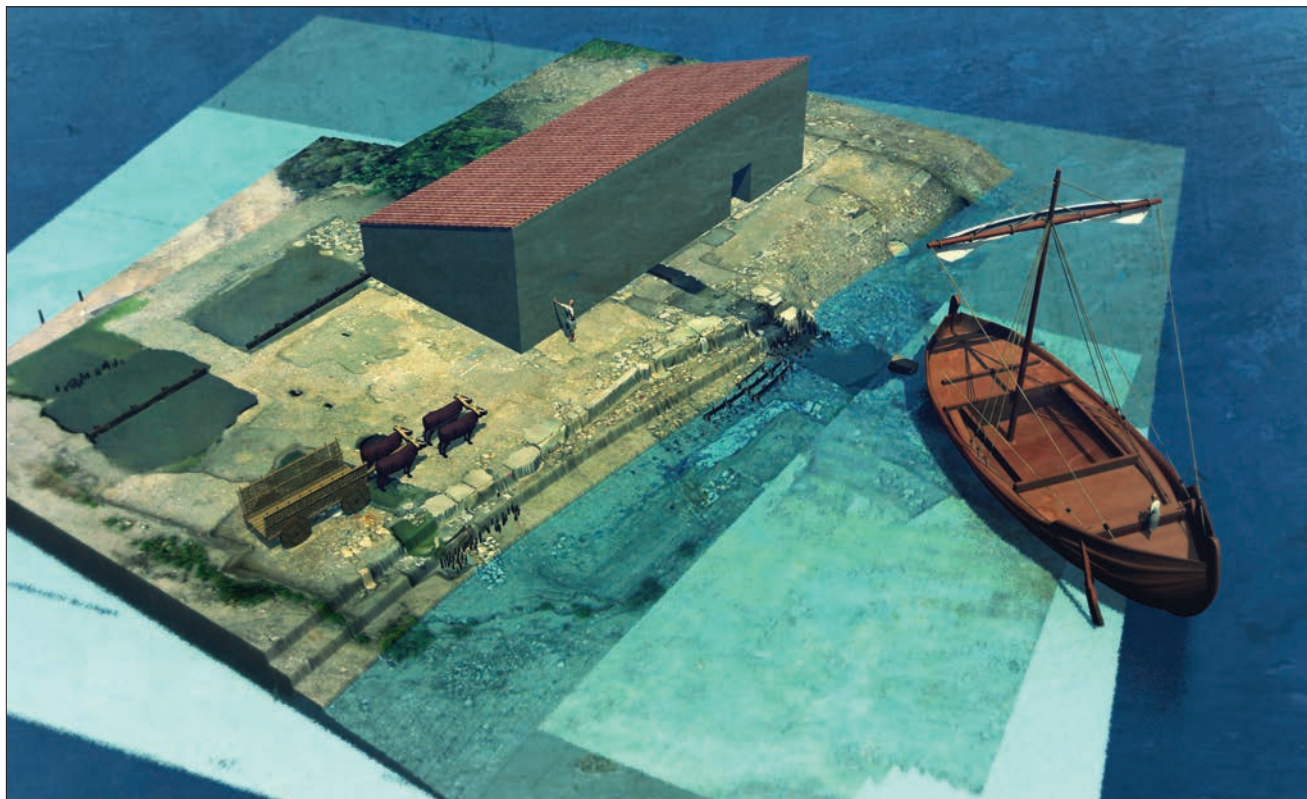


Fig. 20 – Évocation du secteur du Castélou avec une vue sur les palées primitives, le bâtiment et le passage carrossable. Le bateau est à quai à l'endroit où un espace a été interprété comme un lieu de transbordement (DAO: P. Cervellin, février 2013).

NATURE DES BOIS ET TECHNIQUE DE MISE EN ŒUVRE

Pour cette période tardive (IV^e-V^e s. apr. J.-C.), les bois utilisés pour structurer, renforcer, surélever les digues sont en remploi ou correspondent à de simples rondins (bois de brin) de faible diamètre, de 10 à 15 cm en moyenne. Ces brins ont conservé leur écorce et sont généralement grossièrement appointés pour être fichés dans le sable. Ces pieux sont faits *a priori* de tout-venant, façonnés dans sept taxons différents : chêne caducifolié, chêne vert (*Quercus ilex* L.), hêtre (*Fagus silvatica* L.), sapin, pin maritime (*Pinus pinaster* Aiton) et, dans une moindre mesure, figurent l'aulne (*Alnus glutinosa* Gaertn) et l'orme (*Ulmus campestris* L.). Dans la zone de Mandirac, ces brins côtoient, au sein d'alignements sommaires, des bois réutilisés, comme des pieux équarris en chêne et sapin, et des planches de cette même essence. Parmi ces nombreux remplois, des éléments provenant de bateaux ont pu être identifiés.

DES ÉLÉMENTS DE BATEAUX

Non loin de l'épave *Mandirac I*, située à l'endroit où le fleuve se rétrécit (zone 26), des éléments fragmentaires d'embarcations ont été identifiés. Une planche de bordage assemblée par tenons et mortaises a été réutilisée dans la palée du II^e s. (fig. 22). Un autre élément de bateau a été retrouvé parmi les pieux de la berge tardive de Mandirac (fig. 23). Ce dernier remploi est associé à des bois aux typologies différentes (rondins, pieux et planches) qui sont utilisés pour maintenir les empierrements,



Fig. 21 – Treillis de branches contre la palée au sud du Castélou (zone 19) (cliché: C. Sanchez).

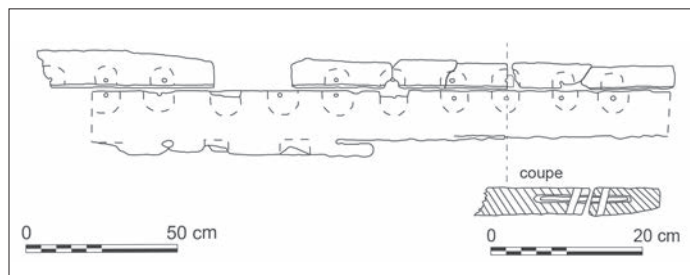


Fig. 22 – Virure (25015), réutilisée dans les aménagements de berge du chenal à Mandirac (DAO: J.-M. Fabre, A. Daumont-Marx, CNRS).

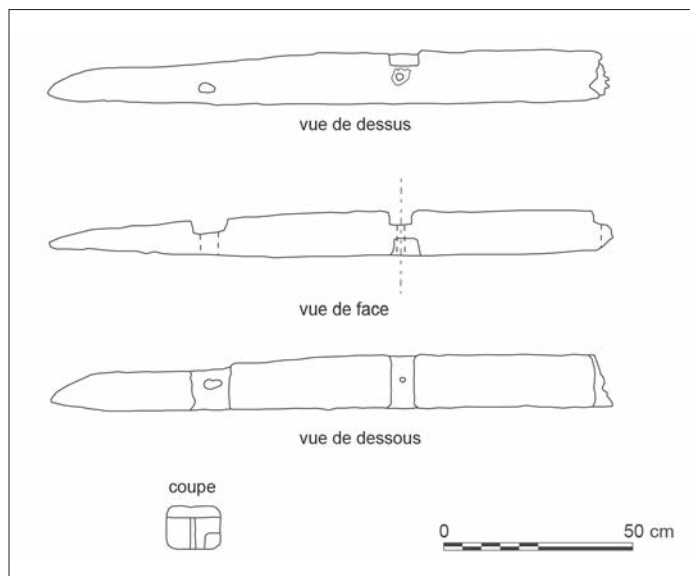


Fig. 23 – Fragment de carlingot (25014) réutilisé dans les aménagements de berges (DAO: J.-M. Fabre, A. Daumont-Marx).

côté nord. La présence d'éléments d'architecture navale en emploi dans les zones portuaires est bien attestée, notamment à Bordeaux (Gerber 2010) et à Naples (Boetto *et al.* 2019).

La pièce de bois 25014-9 (fig. 23) n'a pas pu être extraite totalement de l'empierrement dans lequel elle était implantée ; elle n'a pu être prélevée que sur une longueur de 1,50 m. Elle est équarrie et sa section, lorsqu'elle est complète, mesure 11 x 14 cm. Elle présente trois entailles à sa base ; les deux premières mesurent respectivement 10 cm de longueur et 4 cm de profondeur pour l'une, 6 cm de longueur et 4 cm de profondeur pour l'autre ; la troisième n'est que partiellement conservée, mais sa profondeur semble atteindre 4 cm. Une encoche rectangulaire de 8 cm de longueur, 3 cm de largeur et 4 cm de profondeur est visible sur la face supérieure de la pièce. Les trois entailles accueillent chacune un perçage destiné au passage d'une gournable. À l'origine, cette pièce appartenait à une structure complexe composée d'au moins deux éléments. Hors contexte, l'identification de sa fonction première n'est pas aisée. Si les comparaisons s'orientent vers la charpenterie navale, cette pièce n'est pas sans évoquer un fragment de carlingot, ces éléments de la charpente longitudinale interne qui, à partir du II^e s. apr. J.-C., en Méditerranée occidentale, ont pour fonction de maintenir latéralement le massif d'emplanture du mât (Pomey *et al.* 2012, p. 237). Le pieu découvert à Mandirac présente toutes ces

caractéristiques¹⁵. Les entailles ménagées à sa base pourraient correspondre aux encastresments sur le dos des membrures¹⁶. Il convient de s'interroger sur un lien éventuel entre cet élément et l'épave *Mandirac I*, située à proximité. Sur cette épave, les carlingots, dont les traces sont encore visibles sur les membrures 6 à 9, ont été récupérés, ainsi que le massif d'emplanture, avant leur emploi dans la berge du chenal (Jézégou *et al.* 2015, p. 37). Si la largeur des entailles est tout à fait compatible avec les feuillures observées sur le dos des membrures, l'intervalle entre les membrures ne l'est pas¹⁷.

VIEILLES PLANCHES ET JEUNES RONDINS

En amont, pour le caisson de la zone 23, le choix des bois semble également opportuniste puisque des pieux et planches issus d'éléments de bâtis plus anciens côtoient des rondins dont certains comportent des départs de branches. Ces pieux, qui ont conservé leur écorce, sont tous de petit diamètre et sont fréquemment utilisés dans les aménagements tardifs. Leur débitage et leur mise en œuvre ne semblent pas relever d'un savoir-faire particulier. En zone 12, à la base d'un alignement de pieux, des déchets de taille indiquent un appointage sommaire sur place, sans doute au moment de leur implantation à peu de profondeur sous la plage. Un peu plus loin, des planches issues de rebuts de sciage étaient simplement calées par des pieux et des gravats.

Ainsi, l'utilisation de matériaux de récupération associés à des bois prélevés dans un environnement proche, bien connue par ailleurs, notamment pour des villes comme Rouen (Seine-Maritime) et Amiens (Somme) (Bernard 2003), est ici illustrée. Contrairement à la première phase d'aménagement, nous ne sommes plus dans une logique de construction bénéficiant de moyens matériels, techniques et humains importants, et relevant d'une planification de la quantité et la qualité des bois, des équipes et des moyens nécessaires pour leur mise en œuvre¹⁸. Si les bois utilisés durant l'Antiquité tardive donnent l'image de constructions moins exigeantes, l'entretien de ces espaces continue à faire l'objet de travaux importants et même qualifiables de massifs. En effet, des réfections sont observées sur l'ensemble du tracé, avec l'apport d'un volume important de matériaux et notamment de blocs provenant du démantèlement des monuments de la ville¹⁹. Il semble donc que le maintien de cet espace portuaire reste une priorité pour la ville.

15. L'hypothèse d'une varangue munie de trois trous d'anguiller est peu probable, même si quelques rares cas ont été signalés (Carre 1993, p. 19 et fig. 11). La forme quadrangulaire des entailles ne correspond pas à celle des trous d'anguiller, qui sont semi-sphériques ou triangulaires. Surtout, dans l'hypothèse d'une varangue, les dimensions réduites de l'encoche sont incompatibles avec celles d'une feuillure pour le passage d'un carlingue.

16. Sur chaque membrure, si l'on admet un intervalle d'une quarantaine de centimètres entre les membrures ou plus vraisemblablement au rythme d'une membrure sur deux pour une maille d'une vingtaine de centimètres.

17. En effet, les feuillures destinées à l'encastrement des carlingots se retrouvent en continu sur les quatre membrures concernées (Jézégou *et al.* 2015, p. 37, fig. 12) et l'intervalle entre ces dernières est d'une trentaine de centimètres.

18. Les stèles funéraires renseignent par exemple sur les métiers artisanaux : bûcheron, scieur de long, marchand de bois (Reddé 1978, p. 43-63).

19. Parmi les matériaux en emploi, les bois d'œuvre de ces bâtiments ne sont pas à exclure. Sur la question de l'architecture en bois, voir Lamouille *et al.* 2019.

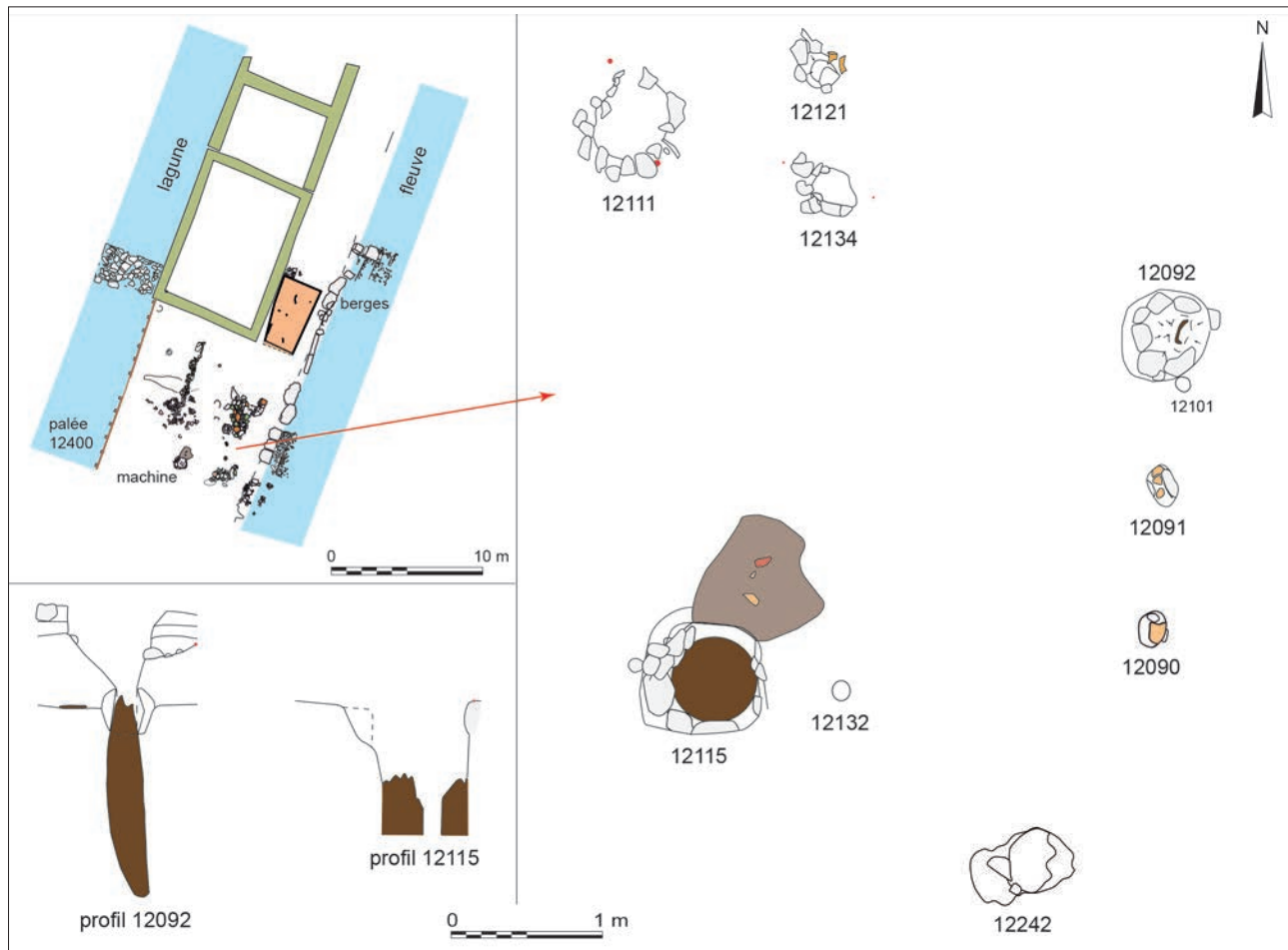


Fig. 24 – Plan des vestiges pouvant correspondre au soubassement d'une machine sur les quais du Castélou (DAO: J. Labussière, C. Sanchez).

Malgré ces efforts, cette embouchure s'ensable progressivement et se colmate après le ^v s. apr. J.-C.

LES VESTIGES D'UN SYSTÈME DE DÉCHARGEMENT DE NAVIRES ?

Les sondages réalisés sur la rive droite, au lieu-dit le Castélou, ont conduit à la découverte de plusieurs structures en bois qui pourraient confirmer la présence d'un point de rupture de charge entre les voies maritimes et terrestres (fig. 20). Les fouilles de la zone 12 ont révélé trois creusements circulaires (dont deux contenaient des éléments en bois) et plusieurs trous de poteaux (fig. 24). Cet ensemble pourrait appartenir à un système de levage.

Les trois trous cuvelés s'inscrivent dans un triangle équilatéral de 4 m de côté environ. Ils ont en commun leur diamètre de 0,60 m, construit en petits moellons. Mais tous les trois diffèrent par leur contenu et leur profondeur :

- au sud, le trou cuvelé contient une pièce de bois (n° 12115 ; fig. 25) d'un diamètre de 0,55 m sur une hauteur restante de 0,40 m environ. La base de cette pièce est plane, sa forme laisse penser que nous sommes en présence de la base d'un tronc, taillé et écorcé, posé verticalement. Son diamètre important permet d'écartier l'hypothèse d'un emploi en tant que poteau de

soutènement de toiture, mais le niveau de sable sur lequel repose cette pièce est compact, ce qui indique une forte pression verticale exercée sur celui-ci. À proximité immédiate se trouve, posé sur le niveau de circulation, le fantôme d'un élément en matière organique qui pourrait être lié à l'utilisation de la pièce ligneuse, de même qu'un petit trou de poteau situé contre cette pièce ;

- à l'est du triangle, un autre trou cuvelé (n° 12092) contient un pieu (n° 12104) mesurant 1 m de longueur (fig. 24). Cette pièce équarrie présente des côtés de 21 et 24 cm. Une pointe (cassée) à quatre pans est taillée sur 30 cm environ avec plusieurs butées de hache visibles. L'érosion importante sur sa partie supérieure ne permet pas de connaître la longueur originelle de ce pieu. Lors de son excavation, un sondage effectué jusqu'à sa base a permis de mettre en évidence, malgré la partie supérieure du trou creusée et cuvelée, une mise en place de ce pieu par battage. En effet, le niveau de sable dans lequel il est pris présente la forme d'une « ampoule », consécutive sans doute à la pression exercée par l'enfoncement en force de cette pièce. Deux petits trous de poteaux ont été identifiés au sud du cuvelage ;

- enfin, un dernier trou cuvelé (n° 12111) d'une cinquantaine de centimètres de profondeur ferme le triangle sur sa partie nord. Il est similaire aux deux autres, mais ne présente pas de vestige de bois. Cependant, la différence de sédiments pourrait témoigner de l'existence d'une pièce de bois, désagrégée car peu enfouie. Deux petits trous de poteaux se trouvent à l'est.



Fig. 25 – Pièce de bois de 55 cm de diamètre (12115) pouvant être la base d'un mât de charge (cliché: C. Sanchez).

La configuration de ces trous et la forme des pièces ligneuses permettent d'exclure l'hypothèse d'une élévation de type bâtiment ou appentis. Il faut donc plutôt envisager un aménagement directement lié à l'activité artisanale de cette zone (forges) et à son contexte maritime.

Le diamètre important de ces pièces en bois laisse penser qu'elles ont dû être employées pour leur résistance mécanique. Leur ancrage est parfois profond, 0,95 m pour la pièce circulaire, et 2 m pour le pieu 12104. Quant à leur situation en limite de voie et de rivage, elle pourrait témoigner d'une utilisation en rapport avec un point de rupture de charge. La présence de minerais du sud de la Toscane ou de l'île d'Elbe et d'ophiolites pose question (Pagès *et al.* 2020) : il ne peut s'agir de lests, qui n'ont pas à se trouver sur un quai. Ont-ils été utilisés comme contrepoids en lien avec une possible machine ? S'agit-il de matériaux déchargés ? Ce sont en tout cas des matériaux allochtones. Ces éléments conduisent à interpréter cet aménagement comme les vestiges de l'implantation au sol d'un système de chargement ou de déchargement de navires.

De tels engins sont évoqués par Vitruve (*De l'Architecture*, X, 2, 10). De même, selon une hypothèse de Jean Rougé, une inscription découverte dans la IX^e région de Rome rappellerait l'utilisation de machines, les « cigognes », pour le déchargement des tonneaux apportés par bateau et transportés ensuite par voie terrestre vers le Champs-de-Mars (*CIL VI*, 1785 = 31931 ; Rougé 1966, p. 165). Enfin, Tony Kozelj et Jean-Pierre Sodini ont pu restituer, à partir de traces au sol dans les carrières de marbre de Thasos, plusieurs grues à deux montants, dont les pieds étaient espacés de 5 m au maximum. Elles devaient avoir une hauteur approchant 9 m de haut et être constituées de mâts inclinés l'un vers l'autre, longs de 10,60 m (Sodini *et al.* 1980, fig. 83 et 84).

Si l'utilisation d'engins est attestée dans les ports de l'Antiquité, aucun auteur antique n'en présente une nomenclature précise : chacun détaille des cas particuliers. Ainsi, quand

Vitruve évoque quelques machines suivant un ordre croissant de puissance, il utilise les termes de *tripastos*, *pentapastos* et *polypastos*, qui désignent des palans et non des systèmes dans leur ensemble (Fleury 1993, p. 129). Les armatures qu'il décrit ne sont que des exemples, elles n'étaient pas nécessairement employées en association avec ces palans. En effet, une machine ne reproduit pas un modèle canonique : Vitruve la définit seulement comme « un ensemble de pièces de bois solidaires, ayant une très grande efficacité pour le déplacement des charges » (*De l'Architecture*, X, 1, 1). Chaque exemplaire associe une partie motrice à un système de préhension et la force appliquée à l'un agit sur l'autre par l'intermédiaire d'un organe de transmission. Le tout est soutenu par des montants, dont la solidité est proportionnelle à la charge à soulever. Sur les rivages du Castérou, il ne reste que des traces de fixation au sol. Ce sont donc sur les montants que nous avons le plus d'informations.

Héron d'Alexandrie et Vitruve témoignent de l'existence d'engins équipés d'un à quatre montants (fig. 26).

Néanmoins, la verticalité des poteaux du Castérou ne permet pas d'imaginer un engin à deux ou trois montants inclinés et le nombre de trous de poteaux empêche d'y voir l'assemblage de quatre pieux verticaux. Seuls un ou plusieurs engins constitués d'un mât unique peuvent être proposés, en considérant cependant qu'ils ne pouvaient pas s'incliner, mais, au mieux, tourner sur eux-mêmes.

C'est un tel système que Jean-Claude Bessac a restitué sur le chantier de construction du pont du Gard. Il a en effet relevé la présence d'un trou de 0,69 m de diamètre, de profondeur indéterminée et se situant à 1,80 m de l'aplomb de l'ouvrage (Bessac 2003, p. 190). Une dizaine de cavités plus réduites, de sections carrées, sont réparties à l'ouest de ce trou principal. Le chercheur a noté que « l'usure de la paroi cylindrique du trou permet de penser à la présence d'une bigue que l'on oriente en tournant l'ensemble du mât dans son emplanture rupestre » (Bessac 2003, p. 191). Cet appareil se composerait de deux vergues articulées à leur sommet : l'une tournerait sur sa base suivant un axe vertical, l'autre se déplacerait suivant un plan généralement horizontal, parfois incliné (fig. 27). La vergue devait pivoter sur un mât fixe grâce à des cerclages et à des bagues métalliques, permettant d'orienter le bras horizontal ou incliné.

Cette hypothèse est d'autant plus séduisante que le profil de l'engin n'est pas sans rappeler la représentation de la mosaïque des Narbonnais à Ostie, qui pourrait faire référence à un môle du système portuaire de Narbonne (Coadic 2011) (fig. 28).

Il est également possible d'envisager un système de bascule : les machines des quais de Rome portent le nom de « *ciconiae* », terme employé par Isidore de Séville pour désigner un appareil de puisage qui fonctionne sur le principe du contrepoids (Isidore de Séville, *Étymologies*, 15, 3). Comme l'oiseau, il lève et abaisse son bec dans l'eau. On peut supposer qu'à Rome, si les engins portent le même nom, c'est qu'ils devaient avoir le même profil.

Le diamètre et le lieu d'implantation des trous cuvelés mis au jour au Castérou pourraient indiquer une possible appartenance à des engins permettant le chargement et le déchargement des navires. Cependant, les vestiges ligneux sont particulièrement ténus et difficiles à interpréter. Si ce sont bien des traces d'implantation de montants, s'agit-il des trois machines qui ont coexisté ou bien doit-on plutôt y voir un mât et deux systèmes de fixation des haubans ? Car la distance entre les trois creusements

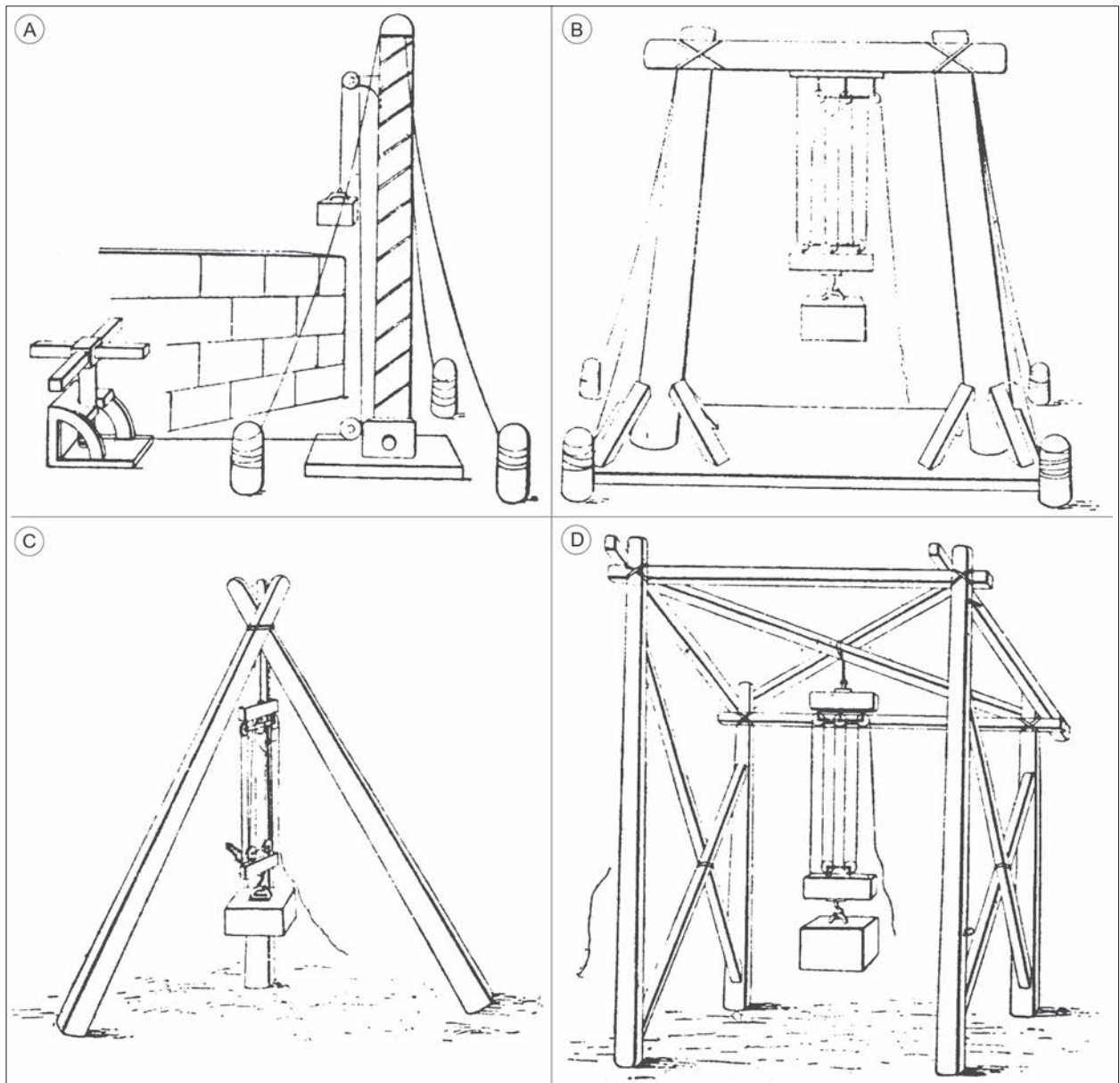


Fig. 26 – Interprétation du texte de Héron d’Alexandrie par Bernard Carra de Vaux: A, grue à un seul montant; B, à deux montants; C, à trois montants; D, à quatre montants (Carra de Vaux 1893, p. 485-489, fig. 49-52).

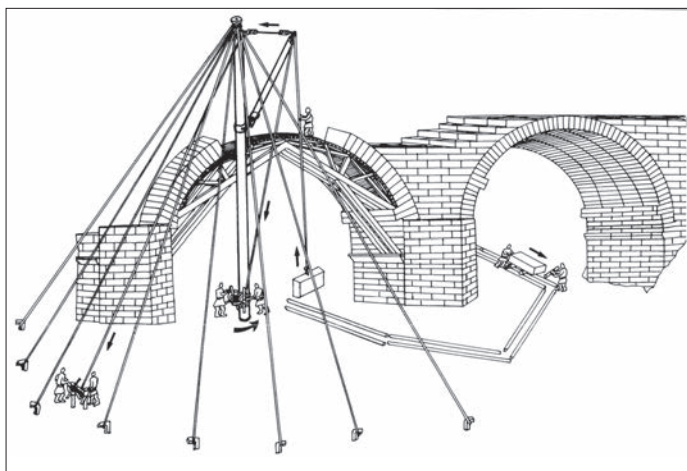


Fig. 27 – Restitution de la bigue édiflée au devant d’une pile du pont du Gard, ouvrage d’art de l’aqueduc de Nîmes (Gard) (Bessac 2003, fig. 19).



Fig. 28 – Mosaïque mentionnant les naviculaires de Narbonne sur la place des corporations à Ostie (Italie) (cliché: A. Chéné, CCJ-CNRS/AMU CCJ).

et les pieux avoisinants n'est-elle pas trop réduite pour permettre une bonne stabilisation des engins à l'aide de cordages ? Et comment expliquer les différences de diamètre ? Le pieu 114 serait-il la base d'un cabestan ? Nous ne serions alors plus en présence seulement de l'armature du système ; il existerait encore un fragment de sa partie motrice.

Bien que la découverte de ces éléments de bois laisse encore de nombreuses questions en suspens, elle permet d'envisager la richesse des activités et des techniques mises en œuvre en zone portuaire dans l'Antiquité.

*
* *

L'étude du site portuaire de Narbonne illustre les adaptations aux contraintes liées aux dynamiques du fleuve et de la lagune, mais aussi à celles des activités portuaires. La spécificité de ce dossier repose sur l'aspect plurifonctionnel des aménagements observés : canaliser, protéger, maintenir un espace de transfert... Pour bâtir et entretenir des digues sur plusieurs siècles, le principe des alignements de pieux, de palées et de caissons constitue une constante, mais avec des variantes. Les premières constructions, de par le choix des essences et la mise en œuvre relèvent d'un chantier bénéficiant d'ingénieurs et d'équipes spécialisées. L'enjeu est de canaliser un cours d'eau, mais aussi de le contraindre pour chasser le sable. Les caissons se trouvent donc dans les zones de plus fortes pressions, tandis que des alignements, ancrés dans des niveaux sableux, ont maintenu des remblais d'installation de chaussées utilisées comme voie de halage, mais aussi comme quais. Les berges elles-mêmes sont stabilisées par des pieux recouverts de blocs. La longévité et donc la vétusté de ces constructions entraînent des réfections dont la plus significative concerne l'Antiquité tardive. Si les bois utilisés révèlent à cette période un prélèvement opportuniste, l'apport de matériaux et les travaux réalisés sont imposants. Les digues sont renforcées, surélevées

et les berges font aussi l'objet de réfections. Le bois reste omniprésent, offrant un échantillon des essences locales. Au-delà des constructions, l'activité du port est aussi documentée par un rare exemple de probable machine, mais également par des éléments de bateaux en remploi et peut-être des bois des édifices de Narbonne démantelés aux IV^e-V^e s. apr. J.-C. L'ensemble de ces résultats souligne que seule une petite partie du potentiel de ce site a été abordée. L'utilisation du bois sur les cinq siècles de fonctionnement de ces digues renseigne sur les ressources et les moyens mis en œuvre pour entretenir les infrastructures du port de Narbonne. Les destructions et réparations sont autant de réponses aux risques fluviaux (Alline 2007) qui semblent s'aggraver à la fin de l'Antiquité.

À l'échelle du vaste ensemble portuaire de Narbonne, la qualité des ouvrages, leur maintien dans le temps, sous différentes formes, sont autant d'éléments qui semblent indiquer l'existence d'une corporation probablement affiliée à l'aménagement et à l'entretien de ce complexe. Des procureurs chargés de l'entretien des berges sont connus en Bétique (Étienne, Mayet 2004, p. 158), ainsi que des curateurs du Tibre. Pour Narbonne, il faut se contenter de la mention « *ripae* », les « berges » dans l'inscription de *Ti. Iunius Fadianus, sévir augustal et conductor ferrariarum ripae dextrae*, « fermier des mines de fer de la rive droite », dont le frère est naviculaire (CIL XII, 4398).

À travers ces découvertes, c'est un autre pan de l'économie qui transparait, en lien avec une ville qui se transforme et maintient son espace portuaire en autorisant la démolition et la récupération de monuments publics urbains.

Le site du Castélou-Mandirac offre un remarquable champ d'exploration d'un port fluvial. La mobilité du fleuve, en provoquant l'abandon de cette embouchure à la fin de l'Antiquité, a préservé les vestiges de l'érosion. Il faut donc envisager, sur environ 2 km linéaires, des installations portuaires parfaitement conservées et, dans le lit du fleuve encore inexploré, les nombreux témoignages de ces activités.

Corinne SANCHEZ : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : corinne.sanchez@cnrs.fr

Jean-Michel FABRE : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : jeanmfabre@yahoo.fr

Sophie COADIC : UMR 5607 Ausonius, CNRS, université Bordeaux-III, 8 Esplanade des Antilles, F-33600 Pessac. Courriel : sophie.coadic@gmail.com

Julie LABUSSIÈRE : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : julie.labussiere@gmail.com

Benoît FAVENNEC : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : bfavennec@gmail.com

Marie-Pierre JÉZÉGOU : Drassm, Marseille et UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : marie-pierre.jezegou@culture.gouv.fr

Stéphanie WICHA : Société Archéobois, 13006 Marseille et UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : wichafr@yahoo.fr

Patrice CERVELLIN : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : patricecervellin@hotmail.com

Patrick ANDERSCH GOODFELLOW : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : pat1968@free.fr

Cécile RIVALS : UMR 5140 ASM, Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, CNRS, université Paul-Valéry Montpellier, ministère de la Culture, route de Mende, F-34199 Montpellier. Courriel : cecile.rivals@gmail.com

BIBLIOGRAPHIE

ABRÉVIATIONS

- CUF Collection des universités de France.
 RAN *Revue archéologique de Narbonnaise*.

SOURCES ANCIENNES

- Isidore de Séville**: *Étymologies*, XV, *Les constructions et les terres*, éd. et trad. J.-Y. Guillaumin et P. Monat, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 2004.
- Strabon**: *Géographie*, IV, éd. et trad. F. Lasserre, Paris, Les Belles Lettres (coll. CUF, série grecque, 172), 1966.
- Vitruve**: *De l'architecture*, I. X, éd. et trad. L. Callebaut et P. Fleury, Paris, Les Belles Lettres (coll. CUF, série latine, 279), 1986.
- Vitruve**: *De l'architecture*, I. V-XII, *Des ports, et des constructions qui doivent se faire dans l'eau*, trad. M. C.-L. Maufras, Paris, C. L. F. Panckoucke, 1847.

SOURCES ÉPIGRAPHIQUES

Corpus Inscriptionum Latinarum (CIL)

- CIL VI, *Inscriptiones urbis Romae Latinae*, éd. G. Henzen, I. B. De Rossi et al., Berlin, 1876.
- CIL XII, *Inscriptiones Galliae Narbonensis Latinae*, éd. O. Hirschfeld, Berlin, 1888.

RÉFÉRENCES

- Adam J.-P. 1995 (3^e éd.)**: *La construction romaine, matériaux et techniques*, Paris, Picard, 368 p.
- Allinne C. 2007**: Les villes romaines face aux inondations: la place des données archéologiques dans l'étude des risques fluviaux, *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 13-1, p. 61-78.
- Antéas 2012**: *Association narbonnaise de travaux et d'études d'archéologie subaquatique en Narbonnais 1987-2012, 25 ans d'archéologie subaquatique en Narbonnais*, Saint-Pierre-la-Mer, Live Book ed., 408 p.
- Bernard V. 2003**: Stratégie d'approvisionnement en bois en Gaule du nord-ouest (du 1^{er} siècle avant au 1^{er} siècle après J.-C.), *Revue archéologique de Picardie*, 1-2, p. 77-86.
- Bertrand E. 2018**: L'extrémité de la presqu'île lyonnaise dans l'Antiquité: indices archéologiques et céramologiques de l'activité d'un quartier fluvial, *Revue archéologique de l'Est*, 67, p. 287-308.
- Bessac J.-C. 2003**: Nouvelles traces du chantier romain du pont du Gard, *RAN*, 36, p. 177-198.
- Boetto G., Zazzaro C., Giampaola D., Carsana V., Davide Petriaggi B., Di Giovanni A. 2019**: Nuovi relitti dagli scavi del porto antico di Napoli, in Asta A., Caniato G., Gnola D., Medas S., *Atti del 3^o Convegno Nazionale di Archeologia e Storia Navale*, Limena, Libreriauniversitaria.it Edizioni (coll. Navis, 6), p. 29-40.
- Carra de Vaux B. 1893**: Les Mécaniques ou l'élevateur de Héron d'Alexandrie publiées pour la première fois sur la version arabe de Qosta Ibn Luqa (IX^e siècle), et traduites en français, *Journal Asiatique*, IX^e série, t. 2, p. 152-289 et p. 420-514.
- Carre M.-B. 1993**: L'épave à dolia de Ladispoli (Étrurie méridionale), *Archaeonautica*, 11, p. 9-29.
- Coadic S. 2011**: L'allègement des navires de haute mer: la mosaïque des Narbonnais à Ostie, in Sanchez C., Jézégou M.-P. (dir.), *Espaces Littoraux et zones portuaires de Narbonne et sa région dans l'Antiquité*, Lattes, Association pour le développement de l'archéologie en Languedoc-Roussillon (coll. Monographies d'archéologie Méditerranéenne, 28), p. 95-100.
- Colas O. 2004**: Les aménagements de berge et la protection contre les inondations à l'époque romaine à Lyon: exemples et perspectives, in Burnouf J., Leveau P. (dir.), *Fleuves et marais: une histoire au croisement de la nature et de la culture: sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres: pratiques sociales et hydrosystèmes*, Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques et ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (coll. Archéologie et histoire de l'art, 19), p. 437-448.
- Étienne R., Mayet F. 2004**: *Trois clés de l'économie de l'Hispanie romaine*, III, *l'huile hispanique*, Paris, de Boccard, 2 vol., 634 p.
- Falguéra J. M., Falguéra F., Guy M., Marsal A. 2000**: Narbonne: cadre naturel et ports à l'époque romaine, *Méditerranée*, 94, 1-2, p. 15-24.
- Félibien A. 1676**: *Des principes de l'architecture, de la sculpture, de la peinture et des autres arts qui en dépendent. Avec un dictionnaire des termes propres à chacun de ces arts*, Paris, J.-B. Coignard, 795 p.
- Fleury P. 1993**: *La mécanique de Vitruve*, Caen, Presses universitaires de Caen, 378 p.
- Gerber F. 2010**: *Burdigala*. Port d'Estey, port de Garonne, in Hugot L., Tranoy L. (dir.), *Les structures portuaires de l'arc atlantique dans l'Antiquité. Bilan et perspectives de recherche, Actes de la journée d'études, Université de La Rochelle, 24 janvier 2008*, Bordeaux, Aquitania (coll. Suppl. à Aquitania, 18), p. 83-93.
- Gubellini L., Locatelli C., Pouriel R., Pousset D. 2009**: La construction des puits sur quatre sites de la vallée de la Marque (Nord): Marcq-en-Barœul, Méricignies 1 et 2, et Marquette-lez-Lille, *Revue du Nord*, 5, p. 155-177.
- Jézégou M.-P., Andersch-Goodfellow P., Letuppe J., Sanchez C. 2015**: A wreck from Late Antiquity used to repair a breach in the bank of the Narbonne harbor channel, *Skyllis*, 15-1, p. 33-39.

- Lamouille S., Péfaut P., Rougier Blanc S. 2019:** Bois et architecture dans la Protohistoire et l'Antiquité, dossier 1, *Pallas*, 110, 256 p.
- Larguier G. 1996:** *Le drap et le grain en Languedoc, Narbonne et Narbonnais 1300-1789*, Perpignan, Presses universitaires de Perpignan (coll. Études), 1368 p.
- Marty F., Guibal F., Hesnard H. 2016:** L'Estagnon: techniques de bonification d'une zone palustre au 1^{er} s. ap. J.-C. à Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), in Sanchez C., Jézégou M.-P. (dir.) 2016, p. 263-278.
- Mathé V., Bruniaux G., Camus A., Cavero J., Faïsse C., Jézégou M.-P., Lévêque F., Sanchez C. 2018:** Geophysical investigations into the roman port system of Narbonne, in *Harbours as object of interdisciplinary research – Archaeology + History + Geosciences, Interdisziplinäre Forschungen zu Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter, Actes du colloque de Kiel, mai 2015*, Mayence, Romisch-Germanisches Zentralmuseum, p. 185-193.
- Mouchard J., Épaud F., Guitton D., avec la collab. de Favreau X., Monteil M., Yacger M. 2016:** Entre fleuve et océan, les quais à pan de bois du port antique de Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique), in Sanchez C., Jézégou M.-P. (dir.), p. 247-262.
- Pagès G., Leroy S., Sanchez C. 2020:** The non-metallurgical iron ore trade in the Roman Mediterranean: a initial synthesis of provenance and use in the case of imperial *Colonia Narbo Martius* (Narbonne, Aude, France), *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12-7 [URL: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01083-5>].
- Pomey P., Kahanov Y., Rieth É. 2012:** Transition from Shell to Skeleton in Ancient Mediterranean Ship-Construction: analysis, problems and future research, *The International Journal of Nautical Archaeology*, 41-2, p. 235-314.
- Quézel P., Médail F. 2003:** *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*, Paris, Elsevier/Lavoisier (coll. Environnement et Technique), 576 p.
- Reddé M. 1978:** Les scènes de métier dans la sculpture funéraire gallo-romaine, *Gallia*, 36-1, p. 43-63.
- Rieth É. 2016:** *Navires et construction navale au Moyen Âge: archéologie nautique de la Baltique à la Méditerranée*, Paris, Picard, 352 p.
- Rougé J. 1966:** *Recherches sur l'organisation du commerce maritime en Méditerranée sous l'Empire romain*, Paris, Sevpen, 541 p.
- Rouzaud H. 1914:** Note sur les ports antiques de Narbonne, *Bulletin de la Commission archéologique et littéraire de Narbonne*, 13, p. 279-299.
- Sanchez C., Jézégou M.-P. (dir.) 2016:** *Les ports dans l'espace Méditerranéen antique. Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires, Actes du colloque de Montpellier, 22-24 mai 2014*, Montpellier, Lattes, RAN (coll. Suppl. à la RAN, 44).
- Sanchez C., Labussière J., Jézégou M.-P., Mathé V., Cavero J. 2016:** Les fouilles de l'embouchure du fleuve antique dans les étangs narbonnais, in Sanchez C., Jézégou M.-P. (dir.) 2016, p. 59-69.
- Sodini J.-P., Lambraki A., Kozelj T. 1980:** *Les carrières de marbre à l'époque paléochrétienne*, Athènes, École française d'Athènes (coll. Étude thasiennes), 64 p.
- Wicha S., Sanchez C. 2019:** L'apport des études xylogiques et dendrochronologiques à l'étude des aménagements portuaires de Narbonne romaine, in Édouard J.-L. (dir.) *Regards croisés et diachroniques sur les apports de la dendrochronologie et de l'archéologie à la compréhension de l'occupation humaine et de l'évolution des paysages du Néolithique à la période moderne, Séminaire interlaboratoire, Maison méditerranéenne des sciences de l'homme, Aix-en-Provence, 9 avril-10 avril 2014*, Aix-en-Provence, Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine, p. 79-88.