
Jean-Philippe Goiran, Hervé Tronchère, Ugo Collalelli, Ferréol Salomon
et Hatem Djerbi

Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais de Portus : le port antique de Rome

Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique

Jean-Philippe Goiran, Hervé Tronchère, Ugo Collalelli, Ferréol Salomon et Hatem Djerbi, « Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais de Portus : le port antique de Rome », *Méditerranée* [En ligne], 112 | 2009, mis en ligne le 01 janvier 2011, consulté le 05 janvier 2013. URL : <http://mediterranee.revues.org/3177>

Éditeur : Presses Universitaires de Provence
<http://mediterranee.revues.org>
<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur : <http://mediterranee.revues.org/3177>

Ce document est le fac-similé de l'édition papier.

Tous droits réservés

Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais de Portus: le port antique de Rome

Fixed fauna sheds new light on relative sea-level changes in the ancient harbour of Portus (Rome)

Scoperta di un livello marino biologico sui moli di Portus, l'antico porto di Roma

J. P. GOIRAN

CNRS – UMR 5133
Maison de l'Orient et de la Méditerranée
7 rue Raulin, 69007 Lyon
jean-philippe.goiran@mom.fr

H. TRONCHERE

Université de Lyon
CNRS-UMR 5133
69007 Lyon

U. COLLALELLI

École française de Rome
62 Piazza Navonna, 00186 Roma

F. SALOMON

Université de Lyon
CNRS-UMR 5600
69676 Bron

H. DJERBI

Université de Lyon
CNRS-UMR 5133
69007 Lyon

Certains organismes marins vivent fixés sur les quais des ports actuels. La limite supérieure des peuplements médiolittoraux définit le niveau marin biologique. De telles faunes fixées viennent d'être découvertes sur les quais du port antique de Rome, le Portus, construit au I^{er} et II^e s. ap. J.-C. sur le littoral du delta du Tibre. Ce niveau marin biologique antique apporte quatre informations géoarchéologiques fondamentales. (1) Sa datation au radiocarbone, 2115 ± 30 BP soit 230 à 450 ap. J.-C., indique la phase ultime de connexion entre la mer et les bassins portuaires. (2) Sa position 80cm sous le zéro biologique actuel indique, avec précision, une hausse relative de 80 ± 10 cm du niveau marin depuis le III^e / V^e s. ap. J.-C. (3) La différence altimétrique entre cet ancien niveau marin et les données stratigraphiques des carottages apporte des informations sur les paléop profondeurs. Ainsi, à l'entrée du bassin hexagonal de Trajan, la profondeur était de 7 m. (4) La présence ou l'absence de faunes fixées signifie un contact ou non des moles avec la mer et renseigne sur la configuration, encore mal connue, de Portus.

Mots clé : géoarchéologie, niveau marin, biocénose, bathymétrie, port antique, Portus, Ostie, delta du Tibre

Marine shells, known as sessils, live fixed on present day harbour quays. The upper limit of this belt (vermetids, balanus) delineates biological sea level. This type of fixed fauna has been identified on the quays of the ancient harbour of Rome, Portus, built during the 1st and 2nd centuries AD on the coast of the Tiber delta. The ancient biological sea-level yields four strands of geoarcheological data. (1) Dated to 2115 ± 30 BP (230 to 450 AD) using radiocarbon, the belt indicates the final phase of connection between the sea and the basins. (2) Its position below current biological sea-level shows an 80 ± 10 cm relative sea-level rise since the 3rd/4th centuries AD. (3) The altimetric difference

Lors d'une étude géoarchéologique d'un port antique, il est fondamental de connaître la position du niveau marin de l'époque. Les organismes marins fixés sur les môles ou les quais antiques constituent le meilleur marqueur à disposition (Pirazzoli et Thommeret, 1973 ; Morhange, 1994 ; Morhange *et al.*, 2001). En effet, la limite supérieure du peuplement infralittoral de faune fixée indique le niveau marin biologique. La découverte d'un tel niveau-repère sur les quais de Portus (le port antique de Rome et d'Ostie, sur le littoral du delta du Tibre, fig. 1) couplé à une étude stratigraphique (fig. 2) permet de faire progresser nos connaissances dans quatre domaines principaux. (1) La date d'abandon du Port. La datation au radiocarbone donne le moment à partir duquel ces

between the ancient sea-level and the stratigraphic data of the cores provides information on the palaeo-depth, which was -7m at the entrance of the hexagonal basin of Trajan. (4) The presence or absence of fixed fauna indicates the existence or not of a contact between the moles and the sea. It also gives information on the configuration of Portus, which remains poorly understood.

Keywords: geoarchaeology, sea level, bathymetry, ancient harbour, Portus, Ostia, Tiber delta

Alcuni organismi marini, detti sessili, vivono fissati lungo i moli dei porti odierni. Il limite superiore di questa macrofauna (vermeti, balani, ostriche) corrisponde al livello marino biologico. Esemplari di questo tipo di macrofauna sono stati scoperti fissati lungo i moli del porto antico di Roma, Portus, fondato tra il I e II secolo d.C. nel litorale del delta del Tevere. Da questo antico livello marino biologico possono desumersi importanti informazioni geoarcheologiche. (1) La sua datazione al radiocarbonio 2115 ± 30 BP, ossia tra il 230 ed il 450 d.C., indica l'ultima fase di connessione tra il mare ed i bacini portuali. (2) La sua posizione a -80 cm sotto lo zero biologico attuale indica con precisione un'aumento relativo del livello marino di 80±10 cm a partire dal III / V secolo d.C. (3) La differenza altimetrica tra l'antico livello marino e i dati stratigrafici dei sondaggi dà informazioni sulle paleopronfondità. Per esempio, all'ingresso del bacino esagonale di Traiano, la profondità era di 7 m. (4) La presenza o l'assenza di fauna fissata nei moli suggerisce le zone di contatto con il mare e contribuisce a definire la configurazione, ancora poco conosciuta, di Portus.

Parole chiave: geoarcheologia, livello marino, biocenosi, batimetria, porto antico, Portus, Ostia, delta del Tevere

organismes ne sont plus en contact avec l'environnement marin. Cela correspond à une période de mauvais entretien des bassins (colmatage) et/ou de l'abandon du port. (2) Les variations relatives du niveau marin. La différence altitudinale entre le niveau marin biologique antique et actuel donne la mesure de la variation du niveau marin relatif dans ce secteur. (3) La profondeur des bassins du Portus. En croisant la donnée biologique de niveau marin et les données stratigraphiques de fonds marins, obtenues par carottages, on peut estimer la paléobathymétrie. (4) La présence ou non de faunes fixées sur les deux faces des quais indique les secteurs en contact avec le milieu marin et donne par conséquent une précision sur la configuration du port de Claude encore mal connue et débattue.



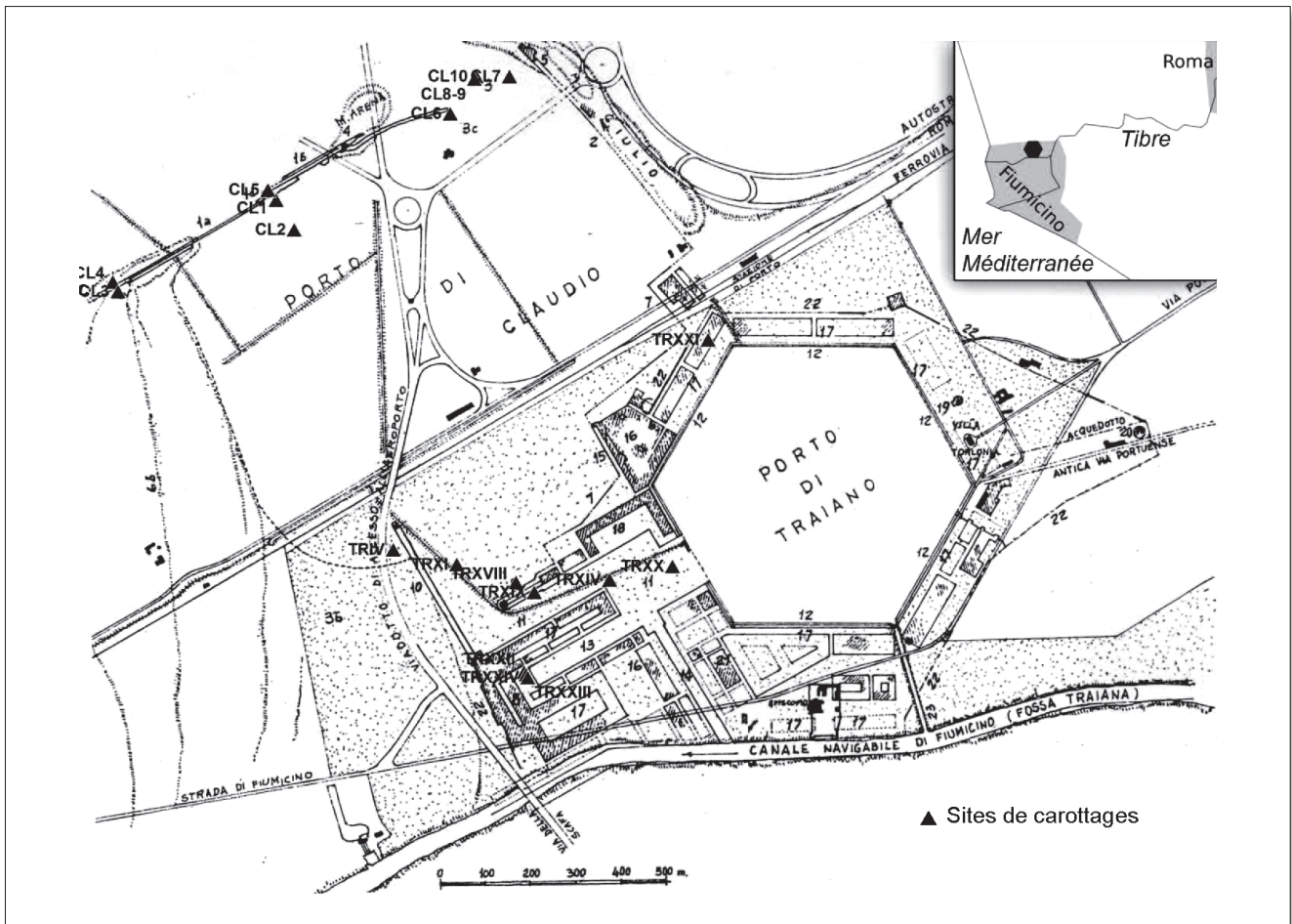


Fig. 1 - Situation du Portus dans le delta du Tibre et localisation des carottages. Source : Testaguzza, 1964, modifié.

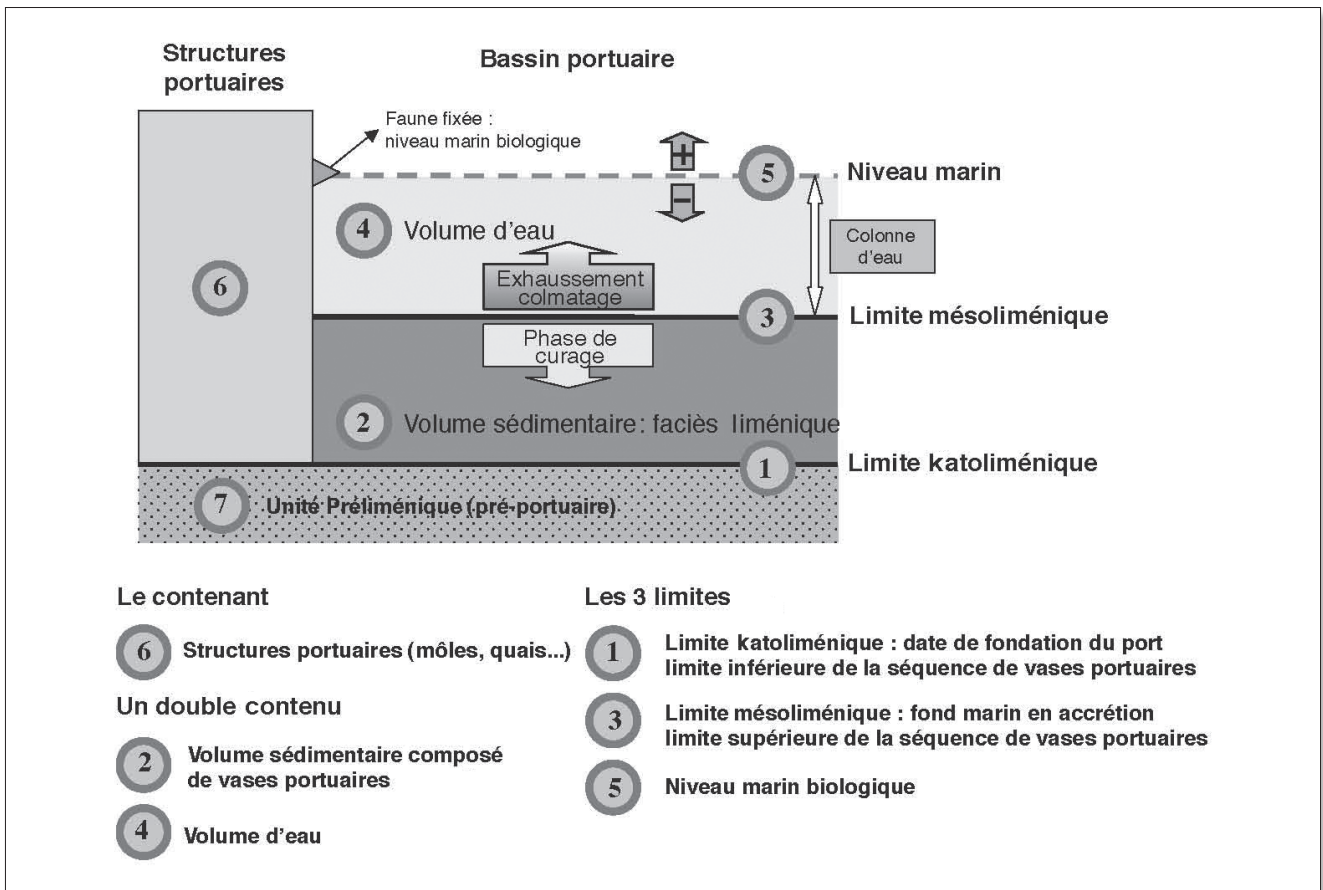


Fig. 2 - Coupe théorique d'un bassin portuaire.



I - Cadre de l'étude

Au 1^{er} s. ap. J.-C., l'empereur Claude fait construire un port maritime pour Rome, sur le littoral du delta du Tibre, au nord d'Ostie. Par la suite, Trajan complète le dispositif en construisant notamment un bassin de forme hexagonale (fig. 1). La date d'abandon et la forme de Portus est incertaine. L'ensemble des structures va être recouvert par les alluvions du Tibre et ce n'est qu'au XX^e s. que vont être entreprises les premières fouilles de grande ampleur (Carcopino, 1907 ; Lugli et Filibeck, 1935 ; Scrinari, 1960, Testaguzza, 1964, 1970 ; Morelli, 2005 ; Keay *et al.*, 2005). D'importants travaux ont permis de comprendre l'évolution géomorphologique du delta du Tibre (Bellotti *et al.*, 1994, Belluomini *et al.*, 1986, Giraudi, 2004). Mais de nombreuses interrogations persistent sur la configuration et le fonctionnement du Portus (Zevi, 2001 ; Arnoldus-Huyzendveld, 2005 ; Paroli, 2005 ; Giraudi *et al.*, 2006 ; Bellotti *et al.*, 2007 ; Goiran *et al.*, 2007, 2008).

2 - Méthodologie

Nous présenterons les caractéristiques des faunes fixées sur substrat dur et la façon dont elles définissent le niveau marin biologique, puis nous replacerons ce niveau repère dans le schéma stratigraphique théorique d'un bassin portuaire (fig. 2). Enfin, nous verrons en quoi un carottage réalisé dans un bassin portuaire puis corrélé au niveau marin antique peut faire progresser nos connaissances des milieux portuaires.

2.1 - Niveau marin antique et organismes marins fixés

Lorsque l'on étudie un site archéologique côtier, il faut connaître la position altimétrique du niveau marin de l'époque. Ce «zéro topographique antique» permet de mieux comprendre le schéma d'organisation urbaine autour du port (réseau d'égouts, nappe phréatique, ligne de rivage théorique...). Sur des côtes rocheuses, les peuplements biologiques se fixent sur substrats durs en respectant un étagement. Sur les côtes meubles, la position d'un ancien niveau marin est plus difficile à obtenir. Les faunes ne sont pas fixées mais vivent sur les fonds marins (biocénoses benthiques). Cette mobilité des organismes benthiques donne la position d'un niveau marin à une échelle métrique (Vella, 1999 ; Goiran, 2001). Lors de la construction de structures portuaires durant l'antiquité, les organismes biologiques se sont fixés sur les quais. Cette structure portuaire s'apparente ainsi à une «côte rocheuse» ou plus précisément à un substrat dur artificiel (Morhange, 1994). C'est le cas de Portus construit sur une côte deltaïque et sableuse.

2.1.1 - Étagement des formations benthiques

Sur les côtes rocheuses de Méditerranée, se développent deux principaux types de faune sessile : les faunes fixées ou organismes constructeurs (huîtres, vermetes, balanes...) et les foreurs ou organismes destructeurs (lithophages, éponges perforantes...). Comme les conditions écologiques varient de façon régulière sur un profil vertical, alors les biocénoses se disposent en ceintures parallèles et horizontales qui définissent une zonation biologique littorale (Stephenson et

Stephenson, 1949, Perès et Picard, 1964). Ces ceintures définissent trois étages principaux suivants.

L'étage supralittoral est humecté par les jets de vagues et les panaches d'embruns. Ne s'y développent que les organismes qui supportent ou exigent une émergence continue (Perès et Picard, 1964).

L'étage médiolittoral correspond à la zone de balancement moyen des marées mais surtout des vagues pour la Méditerranée. L'étage est donc limité vers le haut par le niveau le plus élevé des immersions et vers le bas par le niveau inférieur des émergences (Perès et Picard, 1964). Seuls les peuplements qui supportent les alternances d'émergence et d'immersion s'y développent (Perès, 1967).

L'étage infralittoral correspond au milieu immergé en permanence qui reçoit la lumière solaire (Bellan-Santini *et al.*, 1994). Sa limite supérieure est le niveau à partir duquel les peuplements sont toujours immergés.

Par définition, dans un port, le milieu est artificiellement protégé. Cet environnement calme favorise un étagement resserré.

2.1.2 - Le niveau marin moyen biologique : marges et limites

Le niveau marin moyen biologique correspond à la limite entre la biocénose médiolittorale et infralittorale (Laborel *et al.*, 1997). Nous postulons que les altitudes de développement définies dans les milieux actuels peuvent être considérées comme des références pour l'interprétation bathymétrique des milieux anciens (Masse, 1988) et que les structures portuaires constituent des substrats durs artificiels comparables aux côtes rocheuses (Morhange, 1994). Dans un bassin portuaire, qui se définit par un mode calme, c'est-à-dire un espace littoral protégé de l'influence météorologique du large, le niveau marin moyen biologique est mesuré avec une marge d'imprécision de quelques centimètres : $\pm 5\text{cm}$ à $\pm 10\text{cm}$. Depuis les années 70, les scientifiques ont utilisé les mesures de peuplement supérieur de faunes telles que les balanes (fig. 3) ou les huîtres comme marqueur du niveau marin biologique antique (Pirazzoli et Thommeret, 1973 ; Laborel, 1979 ; Laborel et Laborel-Deguen, 1994 ; Morhange, 1994 ; Morhange *et al.*, 2001).



Fig. 3 - Photographie des balanes antiques. Le sommet du peuplement des balanes, fixées sur les quais de Portus, délimite le niveau marin biologique antique. Photographie : J.P. Goiran.



2.2 - Données stratigraphiques

Un port fonctionnel se définit par la combinaison de deux éléments : le contenant (les structures portuaires) et le contenu (composé d'un volume de sédiment et d'un volume d'eau (Goiran et Morhange, 2003 ; Marriner, 2006 ; Marriner et Morhange, 2007)). Lorsque le port est en fonction (fig. 2), le volume d'eau est défini par les deux interfaces le circonvenant : le niveau marin (matérialisé sur les quais par les faunes fixées, fig. 3) et le fond marin (ou limite mésoliménique). Lors de la fondation du port, la limite mésoliménique coïncide avec la limite katoliménique correspondant au joint stratigraphique supérieur de l'unité pré-portuaire. Cette limite est marquée sur le plan sédimentaire par l'apparition de sédiments beaucoup plus fins. Elle évolue ensuite naturellement vers le haut à mesure que le port s'envase correspondant à l'accrétion des fonds marins. La différence altimétrique entre le niveau marin et le fond marin correspond à la hauteur de colonne d'eau. Cette dernière peut être mise en relation avec les tirants d'eau des bateaux pour en déduire les types de navires pouvant accéder aux quais. Afin d'obtenir ces informations paleobathymétriques, un carottage doit être réalisé dans le bassin portuaire afin de permettre l'étude du volume sédimentaire (fig. 4, 5 et 6).

3 - Résultats et discussion

3.1 - Datation du niveau marin biologique

Deux niveaux de faune fixée ont été repérés sur le môle de Claude et sur les quais de la *darsena* (fig. 3). La datation au radiocarbone obtenue sur les balanes fixées sur le môle de Claude est de 2115 ± 30 BP soit 230 à 450 ap. J.-C. (LY-4198). La datation dans la *darsena* est en cours. Ce résultat indique la mort de la dernière génération de balanes et par conséquent le moment à partir duquel ces organismes ne sont plus en contact avec l'environnement marin. Cela peut correspondre à l'abandon du port ou à une période de mauvais entretien des bassins. À terme, l'ensablement du bassin a causé l'enfouissement, la mort et la conservation de ces faunes fixées.

3.2 - Variations relatives du niveau marin

Sur les quais du port actuel de Fiumicino, des balanes ont été repérées en position de vie ainsi que des vermetes et des huîtres. La différence altitudinale entre le niveau marin biologique antique et actuel a été calculée et atteint $80 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$. Autrement dit, on observe depuis le III^e/V^e s. ap. J.-C. une hausse relative du niveau marin de 80 cm.

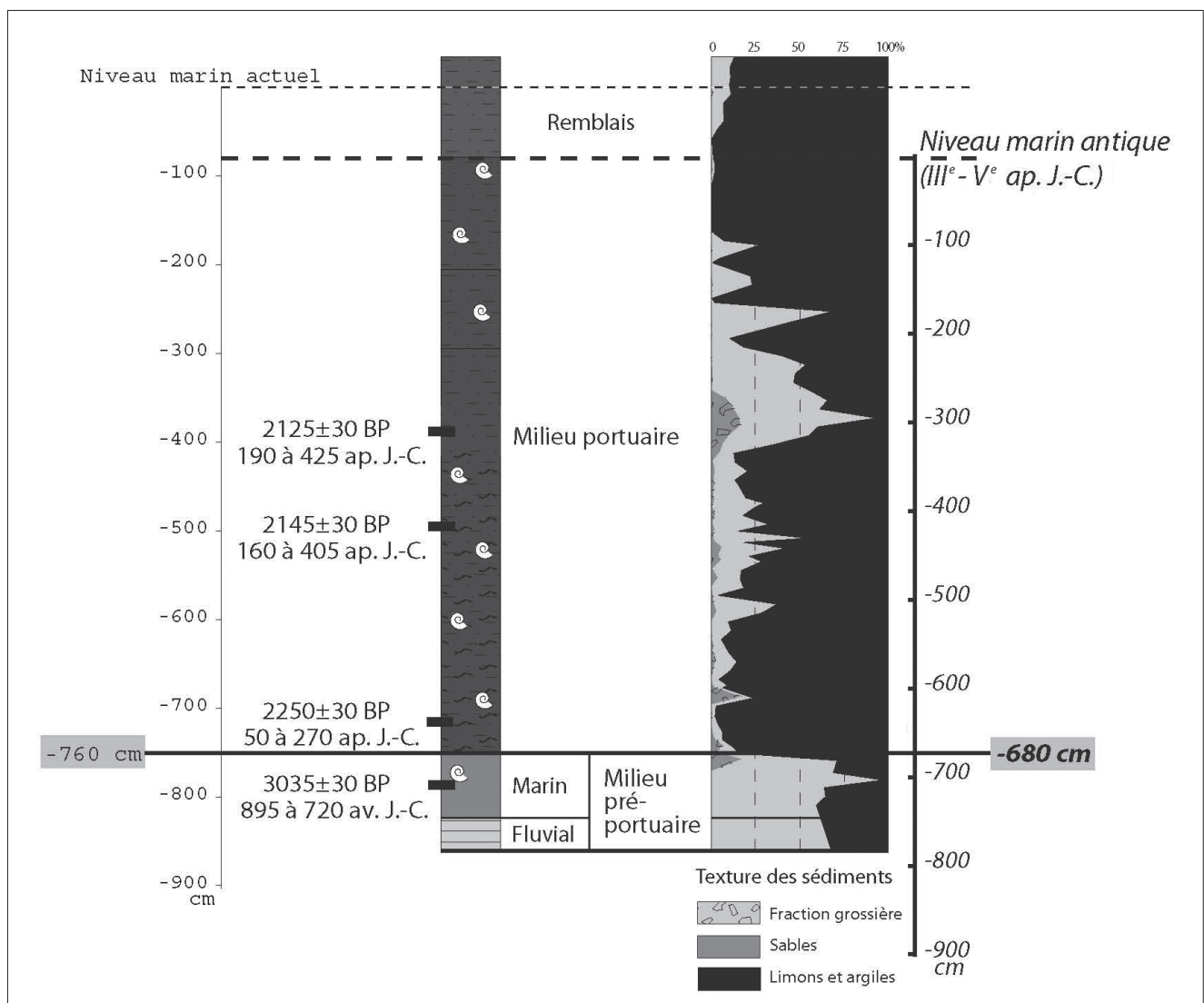


Fig. 4 - Stratigraphie à l'entrée de l'hexagone de Trajan (carotte TR XX). Source : Salomon, 2008.



Cette valeur s'explique à la fois par le facteur eustatique (hausse du niveau marin global) et le facteur isostatique (enfoncement du delta du Tibre). Ce résultat est précis pour deux raisons. Tout d'abord, l'étagement bionomique est serré sur les côtes du Latium et le marnage dans le port actuel de Fiumicino n'excède pas 20 à 40 cm. De plus, l'étagement bionomique est très réduit dans un bassin portuaire du fait du mode calme de ce milieu. Les balanes qui s'y développent constituent donc un indicateur, d'ordre centimétrique, du niveau marin relatif. D'autre part, dans un environnement deltaïque il est rare de pouvoir bénéficier d'un tel jalon. Ces bio-indicateurs, complètent la base de données des variations relatives du niveau marin établie sur la côte tyrrhénienne (Lambeck *et al.*, 2004a), mais vont à l'encontre de l'hypothèse d'une surrection lente du delta du Tibre estimée à $0.15 \pm 0.05 \text{ mm.yr}^{-1}$ (Lambeck *et al.*, 2004b).

3.3 - Profondeur des bassins du Portus

En croisant les données biologiques du niveau marin et les données stratigraphiques de fonds marins, obtenues par carottages, on détermine l'information paléo-bathymétrique (fig. 2). Le carottage TR 20 situé à l'entrée du bassin hexagonal de Trajan (fig. 1) se compose de 3 unités stratigraphiques (fig. 4). À la base, le corps sédimentaire préportuaire est formé d'une unité fluviale surmontée d'une unité marine datée de 3035 ± 30 BP soit entre 895 et 720 av. J.-C. Le diagramme des textures montre un contact net entre les sables préportuaires et le milieu portuaire composé d'argiles limoneuses datées de 2250 ± 30 BP soit entre 50 et 270 ap. J.-C. Le fond du port antique se positionne à -760 cm par rapport au niveau marin actuel soit -680 cm sous le niveau marin antique. Autrement dit, la profondeur à l'entrée du bassin hexagonal est de l'ordre de 7 m. Dans la littérature, la profondeur de l'hexagone de Trajan est estimée entre 5 et 8 m. Ces nouveaux résultats permettent d'estimer que la profondeur du port de Trajan n'excédait pas 7 m.

La découverte de ce niveau marin biologique a permis de faire progresser nos connaissances sur la paléo-profondeur de la passe nord du port de Claude. Le carottage CL7 situé dans cette passe (fig. 5) fait apparaître deux principales unités stratigraphiques : une unité basale préportuaire et une unité marine datée du 1^{er} et 11^e s. ap. J.-C. (fig. 6). Il est possible de conclure qu'à cette époque une passe nord existait et que sa profondeur maximale était de 5 m sous le niveau marin antique. Cette bathymétrie était suffisante pour que des navires à fort tirant d'eau puissent l'utiliser.

3.4 - Configuration du port de Claude

La présence ou non de faunes fixées sur les quais indique quelle face était directement en contact avec le milieu marin. Cet élément permet de préciser la configuration du port de Claude qui est encore mal connue (Mannucci et Verduchi, 1992 ; Castagnoli, 1963). La figure 5 représente les sections du môle de Claude où l'on note la présence de faune fixée. Il est important de noter que l'absence de faune ne signifie pas forcément une absence de contact avec la mer. Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'absence de faune : les coquilles ont pu se détacher au cours du temps, ou encore les fouilles n'ont pas encore permis de mettre à jour ces peuplements...

La figure 5 met en évidence que des faunes fixées (huîtres, vermetes, balanes) ont été repérées à la fois sur la face sud du môle de Claude et sur la face nord, indiquant ainsi que les deux faces du môle sont en contact avec le domaine marin. Autrement dit, cette structure portuaire s'apparente à une jetée. La présence de ces bioconstructions marines milite en faveur d'une ouverture du port de Claude vers le nord. Ce nouvel élément renforce l'hypothèse d'un port muni de deux entrées (Goiran *et al.*, 2008), (fig. 7).

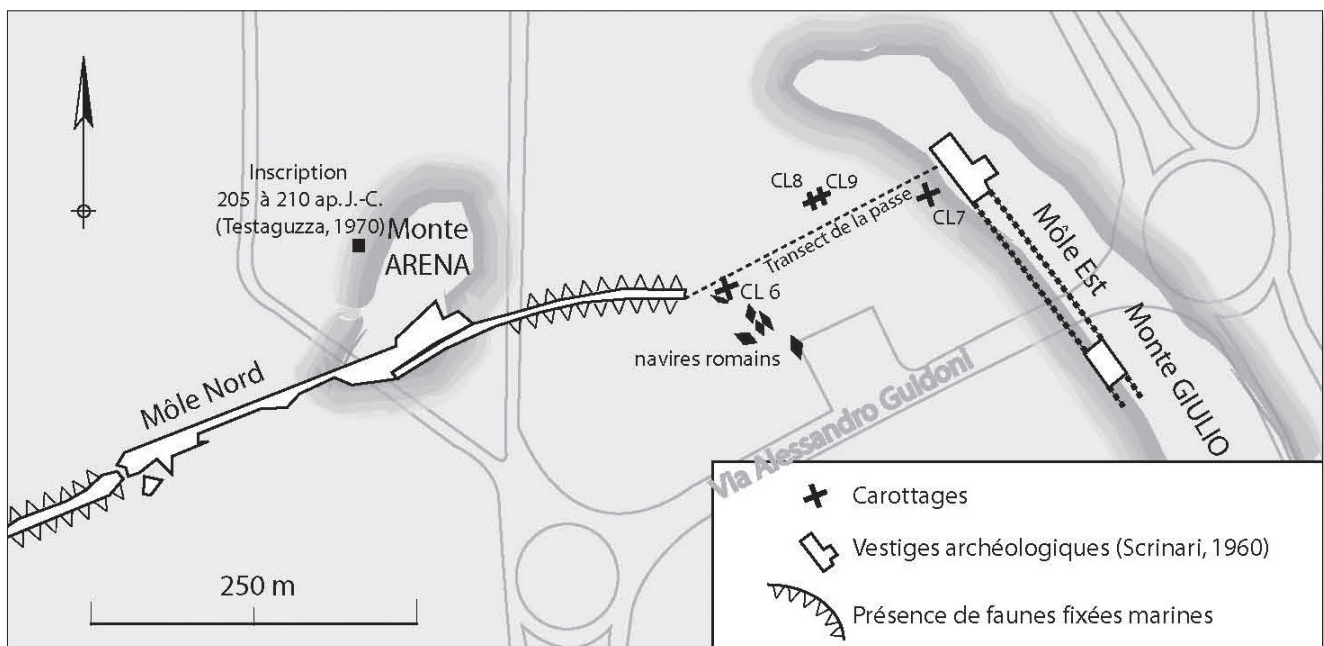


Fig. 5 - Localisation de la passe nord. Source : Salomon, 2008.



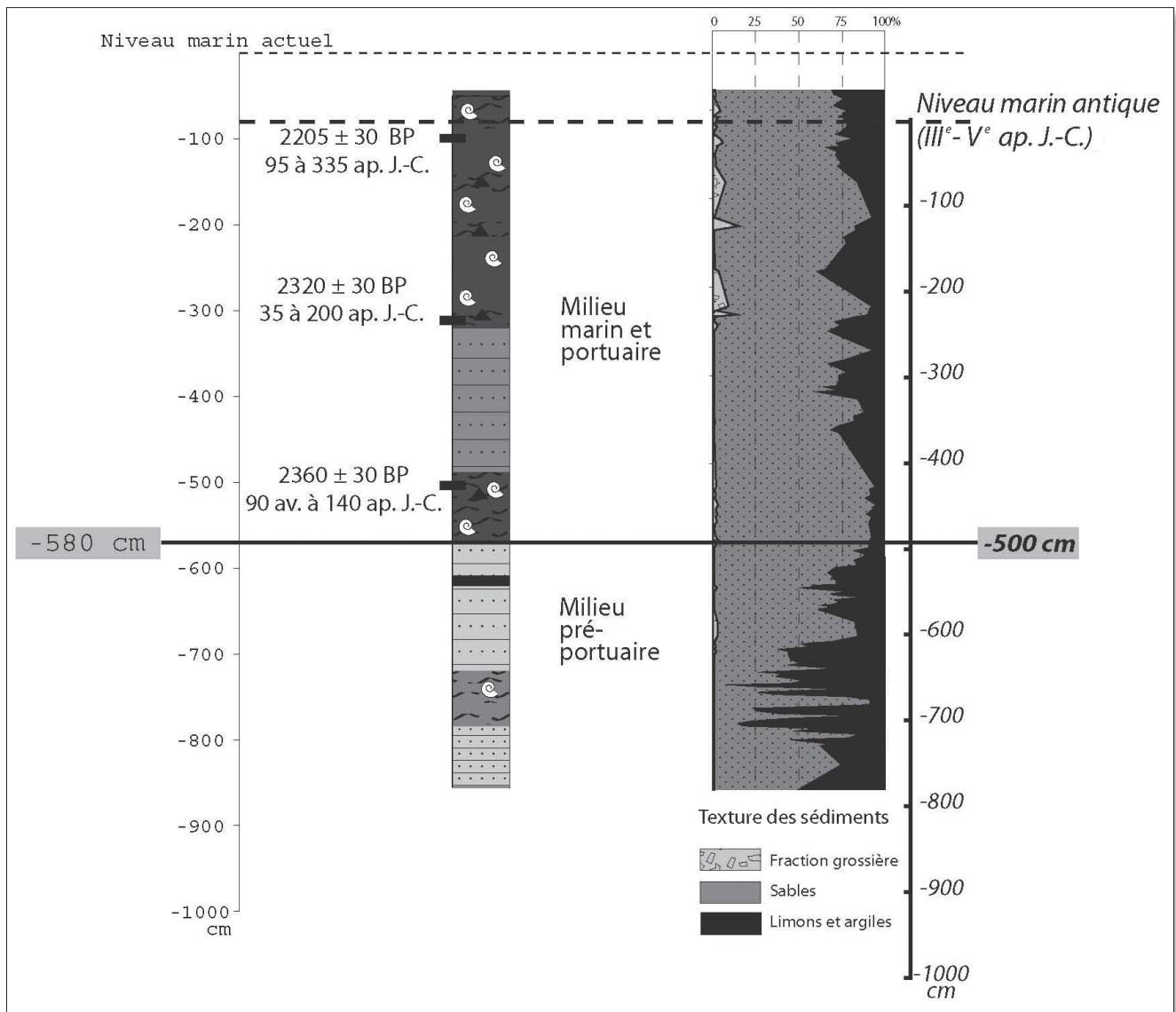


Fig. 6 - Stratigraphie de la passe nord du port de Claude (carotte CL7). Source : Salomon, 2008.

Conclusion

L'ensemble de ces résultats intéresse à la fois la communauté d'archéologues et d'historiens (structure et configuration des bassins, navigation antique) mais aussi les spécialistes issus des géosciences (variations relatives du niveau marin, paléoenvironnements). Dans le cadre d'un chantier de fouille archéologique portuaire, il apparaît désormais fondamental de chercher et d'obtenir ce niveau marin biologique antique. Il fournit des calages chronologiques et altimétriques précis, sur lesquels vont s'appuyer les futures recherches afin de comprendre le fonctionnement de Portus.

Remerciements

Nous remercions les services qui ont facilité notre recherche, particulièrement la Surintendance Archéologique d'Ostia Antica (A. Gallina-Zevi, C. Morelli, L. Paroli), le musée des navires de Fiumicino, L'École française de Rome (M. Gras, Y. Rivière, S. Verger). Nous remercions P. Carbonel, K. Espic, C. Ognard, V. Gaertner et Chr. Oberlin pour leur aide apportée lors des analyses en laboratoire. Merci à Ch. Morhange (CEREGE) pour son aide sur le terrain. Ce travail a bénéficié d'un triple financement : EFR, ANR jeune chercheur et APE MOM.



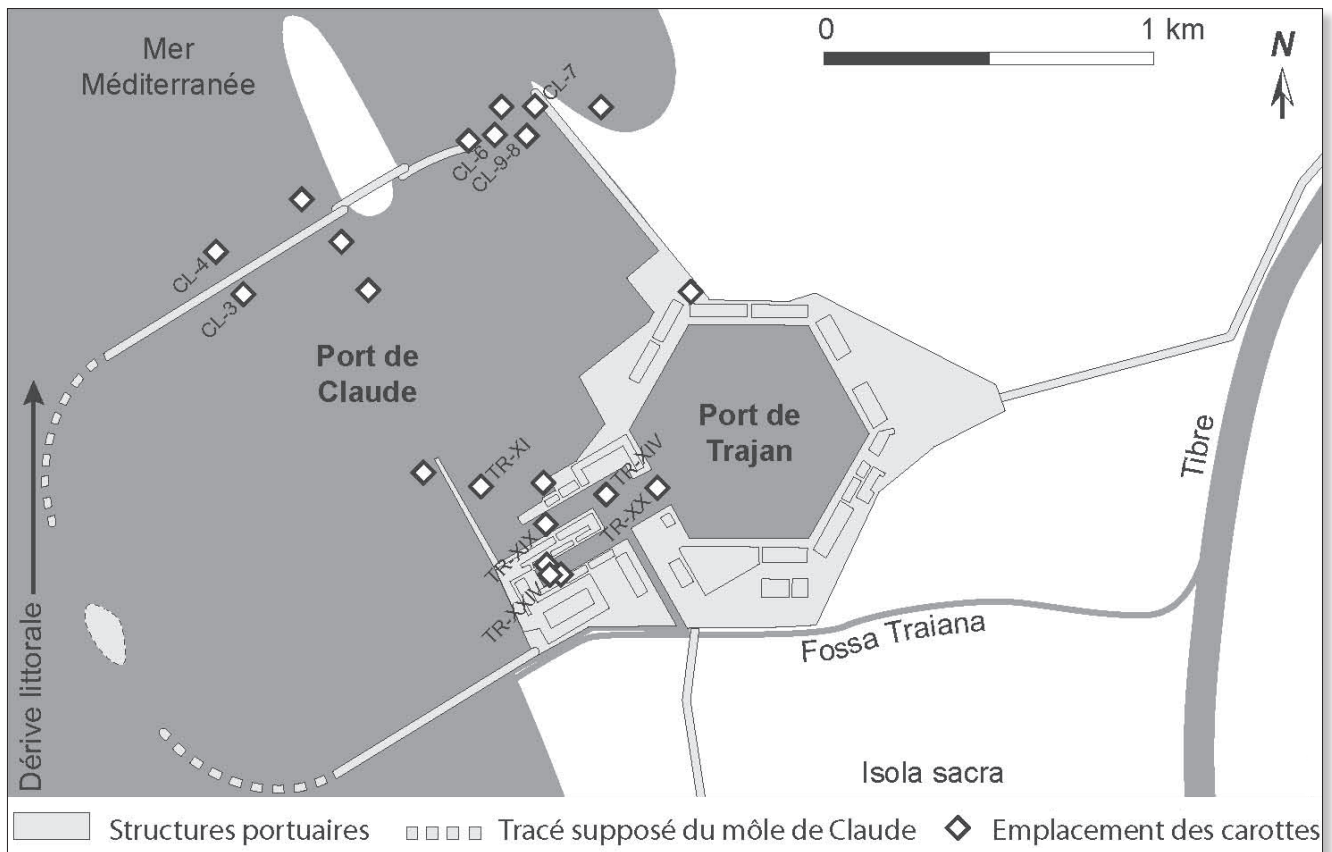


Fig. 7 : Schéma de reconstitution du Portus, déduit d'après les analyses sédimentaires. Source : Tronchère, 2008.

Bibliographie

- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., (2005), The natural environment of the Agro Portuense, in Keay *et al.*, (2005), *Portus, an archeological survey of the port of imperial Rome*, BSR, London, p. 14-30.
- BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., MILLI S., TORTORA P., VALERI P., (1994), Sequence stratigraphy and depositional setting of the Tiber delta: Integration of high resolution seismics, well logs and archaeological data, *Jour. Sed. Petr.*, 64(3), p.416-432.
- BELLOTTI P., CALDERONI G., CARBONI M.G., DI BELLA L., TORTORA P., VALERI P., ZERNITSKAYA V., (2007), Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and ^{14}C dating, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 51(4), p. 505-534.
- BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.-C., POIZAT C., (1994), *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*, Muséum National d'Histoire naturelle, 246 p.
- BELLUOMINI G., IUZZOLINI P., MANFRA L., MORTARI R., ZALAFFI M., (1986), Evoluzione recente del Delta del Tevere, *Geologica Romana*, 25, p. 213-234.
- BLANC J.-J., MOLINIER R., (1955), Les formations organogènes construites superficielles en Méditerranée occidentale, *Bull. Inst. Océano, Monaco*, 1067, p. 1-26.
- CARCOPINO J., (1907), Il porto Claudio Ostiense, *Notizie Scavi*, p. 734-740.
- CASTAGNOLI F., (1963), Astura, *Studi Romani*, 11, p. 637-644.
- GIRAUDI C., (2004), Evoluzione tardo-olocenica del delta del Tevere, *Il Quaternario*, 17, p. 477-492.
- GIRAUDI C., PAROLI L., RICCI G., TATA C., (2006), Portus (Fiumicino – Roma) Il colmamento sedimentario dei bacini del Porto di Claudio e Traiano nell'ambito dell'evoluzione ambientale tardo-antica e medievale del delta del Tevere, *Archeologia Medievale*, 33, p. 49-60.



- GOIRAN J.P., (2001), *Recherche géomorphologique dans la région littorale d'Alexandrie, Égypte : mobilité des paysages à l'Holocène récent et évolution des milieux portuaires antiques*, université d'Aix-Marseille, CEREGE, Aix-en-Provence, 262 p.
- GOIRAN J.P., MORHANGE C., (2003), Géoarchéologie des ports antiques de Méditerranée : problématiques et études de cas, *Topoi*, 11, p. 645-667.
- GOIRAN J.P., TRONCHERE H., CARBONEL P., SALOMON F., DJERBI H., OGNARD C., LUCAS G., COLALELLI H., (2008), Portus, la question de la localisation des ouvertures du port de Claude : approche géomorphologique, *Chronique de l'École française de Rome*, 120, p. 217-228.
- GOIRAN J.P., OGNARD C., TRONCHERE H., CANTEROT X., CLUZE J.-A., (2007), Recent geo-archeological findings of Portus, the ancient Harbour of Rome, *International Congress People/environment relationships from Mesolithic to Middle Ages: recent Geo-Archaeological findings in Southern Italy*, Abstract volume, Salerno, p. 30-31.
- KEY S., MILLET M., PAROLI L., STRUTT K. (eds.), (2005), *Portus: an archaeological survey of the port of Imperial Rome*, BSR, London, 360 p.
- LABOREL J., (1979), Les gastéropodes vermétidés : leur utilisation comme marqueurs biologiques de rivages fossiles in « les indicateurs de niveaux marins », *Oceanis*, 5, hors-série, p. 221-239.
- LABOREL J., LABOREL-DEGUEN F., (1994), Biological indicators of relative sea-level variations and of co-seismic displacements in the Mediterranean region, *Journal of coastal research*, 10(2), p. 395-415.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S., (2004), Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr., *Quaternary Science Reviews*, 23(14-15), p. 1567-1598.
- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A., ESPOSITO A., (2004), Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change, *Earth and Planetary Science Letters*, 224(3-4), p. 563-575.
- LUGLI G., FILIBECK G., (1935), *Il porto di Roma Imperiale e l'Agro Portuense*, Roma, 277 p.
- MARRINER N., (2006), *Paléoenvironnements littoraux du Liban à l'Holocène. Géoarchéologie des ports antiques de Beyrouth, Sidon et Tyr : 5000 ans d'interactions nature-culture*, thèse de doctorat de l'université de Provence, 450 p.
- MARRINER N., MORHANGE C., (2007), Geoscience of ancient Mediterranean harbours, *Earth-Science Reviews*, 80, p. 137-194.
- MANNUCCI V., VERDUCHI P., (1996), Il Porto imperiale di Roma: le vicende storiche, in Mannucci V. (ed.), *Il Parco Archeologico Naturalistico del Porto di Traiano, Metodo e progetto*, Roma, p. 55-60.
- MASSE J.P., (1988), L'étagement bionomique des milieux benthiques néritiques actuels : signification bathymétrique et implications paléobathymétriques, *Géologie Méditerranéenne*, 15(1), p. 91-102.
- MORELLI C., (2005), The Claudian harbour in the light of new investigations, p. 241-248, in Keay S., Millet M., Paroli L., Strutt K., (2005), *Portus : an archaeological survey of the port of Imperial Rome*, BSR, London, 360 p.
- MORHANGE C., (1994), *La mobilité récente des littoraux provençaux*, thèse de doctorat en géographie physique, université de Provence, Aix-Marseille I, 269 p.
- MORHANGE C., LABOREL J., HESNARD A., 2001, Changes of relative sea level during the past 5000 years in the ancient harbor of Marseille, southern France, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166(3-4), p.319-329.
- PAROLI, (2005), History of past research at Portus, in Keay S., Millet M., Paroli L., Strutt K. (eds.), *Portus: an archaeological survey of the port of Imperial Rome*, BSR, London, p. 43-59.
- PÈRES J.-M., (1967), Les biocénoses benthiques dans le système phytal, *Recueils Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 58-42, p. 3-114.
- PÈRES J. M., PICARD J., (1964), Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée, *Recueil des travaux de la station marine d'Endoume*, 31(47), 137 p.



- PIRAZZOLI P., THOMMERET J., (1973), Une donnée nouvelle sur le niveau marin à Marseille à l'époque romaine, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série D, 277, p. 2125-2128.
- SCRINARI V., (1960), Strutture portuali relativa al "porto di Claudio" messo in luce durante i lavori dell'Aeroporto Intercontinentale di Fiumicino (Roma), *Rassegna dei Lavori Pubblici*, 3, p. 173-190.
- STEPHENSON T. A., STEPHENSON A., (1949), The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts, *Journal of Ecology*, 37(2), p. 289-305.
- TESTAGUZZA O., (1964), *Portus. Illustrazione dei porti di Claudio e Traiano e della città di Porto a Fiumicino*, Julia Editrice, Roma, 249 p.
- (1970), The port of Rome, *Archaeology*, 17(3), p. 173-179.
- VELLA C., (1999), *Perception et évaluation de la mobilité du littoral holocène sur la marge orientale du delta du Rhône*, thèse de doctorat en Géographie physique, université de Provence, 225 p.
- ZEVI F., (2001), Ostie et son port : histoire d'un échec et de ses remèdes, in *Ostia, port et porte de la Rome antique*, Descoedres, Genève, 465 p.

