

LES PORTS DANS L'ESPACE MÉDITERRANÉEN ANTIQUE

Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires

sous la direction de CORINNE SANCHEZ et MARIE-PIERRE JÉZÉGOU



REVUE ARCHÉOLOGIQUE DE NARBONNAISE

SUPPLÉMENT 44

MONTPELLIER 2016



REVUE ARCHÉOLOGIQUE DE NARBONNAISE

Supplément 44

LES PORTS DANS L'ESPACE MÉDITERRANÉEN ANTIQUE

NARBONNE ET LES SYSTÈMES PORTUAIRES FLUVIO-LAGUNAIRES

**Actes du colloque international tenu à Montpellier
du 22 au 24 mai 2014**

Textes réunis par Corinne SANCHEZ et Marie-Pierre JÉZÉGOU

Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise
Montpellier-Lattes
2016

Sommaire

Introduction (M.-P. Jézégou et C. Sanchez)	15
---	-----------

PARTIE I

LE SYSTÈME PORTUAIRE DE NARBONNE ANTIQUE	21
---	-----------

M.-L. BONSANGUE, Les hommes et l'activité portuaire dans l' <i>emporion</i> de Narbonne (II ^e s. av. J.-C. - II ^e s. ap. J.-C.)	23
G. DUPERRON et S. MAUNÉ, L'établissement littoral de Saint-Martin-le-Bas à Gruissan (Aude) : contribution à la connaissance du système portuaire de Narbonne	43
C. SANCHEZ, J. LABUSSIÈRE, M.-P. JÉZÉGOU, V. MATHÉ, V. MATHIEU et J. CAVERO, L'embouchure du fleuve antique dans les étangs narbonnais	59
O. GINOUEZ, C. CARRATO et C. SANCHEZ, Les entrepôts portuaires de Port-la-Nautique (Narbonne)	71
N. CARAYON, C. FLAUX et collaborateurs, Le vivier augustéen du Lac-de-Capelles à Port-la-Nautique (Narbonne)	87
A. BARDOT-CAMBOT, « Viviers à huîtres » de Narbonne antique	99
J. OLLIVIER, Artisanat et commerce en bordure du canal de la Robine : 19-20 quai d'Alsace à Narbonne	109
O. GINOUEZ, C. JORDA et S. MARTIN, avec la collaboration de V. CANUT, La question du port urbain et de la Robine antique : l'apport de la fouille du 14 quai d'Alsace à Narbonne	123

PARTIE II

PORTS FLUVIO-LAGUNAIRES ET FLUVIO-MARITIMES : AMÉNAGEMENTS ET FONCTIONNEMENTS	137
--	------------

P. ARNAUD, Entre mer et rivière : les ports fluvio-maritimes de Méditerranée ancienne. Modèles et solutions	139
F. DES BOSCS, Le système portuaire fluvio-lagunaire de la vallée du <i>Betis</i> , réflexions sur son organisation et son évolution de la fin de la République à la fin du haut Empire	157
C. ROUSSE, Ingénierie hydraulique et opérations de canalisation en Cisalpine	173
S. GROH, Nouvelles recherches sur le système fluvial et les installations portuaires d'Aquilée (Italie)	189
S. GROH et H. SEDLMAYER, La <i>villa maritima</i> de Simonov zaliv (Izola, Slovénie) : une structure avec grande installation portuaire artificielle	193
L. LONG et G. DUPERRON, Navigation et commerce dans le delta du Rhône durant l'Antiquité : bilan des recherches sur le port fluvial d'Arles et ses avant-ports maritimes	199
M. SCRINZI, Le Mas Desports : un établissement portuaire antique et médiéval en petite Camargue	219
F. GERBER, À l'autre bout de la Garonne : le port de <i>Burdigala</i> (Bordeaux). Aménagements et trafic portuaires sur les rives de la Garonne	237

J. MOUCHARD, F. ÉPAUD, D. GUITTON et collaborateurs, Entre fleuve et océan, les quais à pans de bois du port antique de Rezé/ <i>Ratiatum</i> (Loire-Atlantique)	247
F. MARTY, F. GUIBAL et A. HESNARD, L'Estagnon : techniques de bonification d'une zone palustre au I ^{er} s. ap. J.-C. à Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône)	263
M. ZABEO, Construire dans l'eau : aménagements antiques à interpréter dans la lagune de Venise	279

PARTIE III

ESPACES PORTUAIRES : APPROCHES GÉOMORPHOLOGIQUES ET PALÉOENVIRONNEMENTALES 291

F. SALOMON, S. KEAY, K. STRUTT, J.-P. GOIRAN, M. MILLET et P. GERMONI, Connecting <i>Portus</i> with Ostia : preliminary results of a geoarchaeological study of the navigable canal on the Isola Sacra	293
J.-P. GOIRAN, F. SALOMON, C. VITTORI, G. BOETTO, E. PLEUGER, J. CHRISTIANSEN, B. NOIROT, A. PELLEGRINO, I. MAZZINI, L. SADORI, C. OBERLIN, C. PEPE, V. RUSCITO et P. ARNAUD, Géoarchéologie du bassin portuaire d'Ostie	305
C. ALLINNE, C. MORHANGE, M. PASQUINUCCI et C. ROUMIEUX, Géoarchéologie des ports de Pise « Stazione Ferroviaria San Rossore » et de <i>Portus Pisanus</i> . Dynamiques géomorphologiques, sources antiques et données archéologiques	321
P. EXCOFFON, S. BONNET et collaborateurs, Restitution de la morphologie littorale et aménagements portuaires à <i>Forum Iulii</i>	339
C. VELLA, C. LANDURÉ, L. LONG, P. DUSSOUILLEZ, J. FLEURY, C. TOMATIS, O. SIVAN, F. MARTY, D. ISOARDI et V. POTHIN, Ports fluviaux, ports lagunaires du Rhône et son delta durant l'Antiquité. Mobilité environnementale et dynamiques géomorphologiques comme contraintes à l'aménagement (ports d'Arles, Fos/Saint-Gervais, Ulmet)	353
G. BONY, N. CARAYON, C. FLAUX, N. MARRINER, C. MORHANGE et S. FOURRIER, Évolution paléoenvironnementale de la baie de <i>Kition</i> : mise en évidence d'un possible environnement portuaire (Larnaca, Chypre)	369
M. TILLIER, L. BOUBY, N. ROVIRA et D. LEFÈVRE, Carpologie en contexte portuaire romain : économie végétale et environnement des sites de Caska (île de Pag, Croatie), du Castélou-Mandirac (Narbonne) et d'Arles-Rhône 3.	381

Conclusion (C. Sanchez et M.-P. Jézégou)	397
---	-----

Glossaire technique	401
--------------------------------------	-----

Géoarchéologie des ports de Pise « Stazione Ferroviaria San Rossore » et de *Portus Pisanus*

Dynamiques géomorphologiques, sources antiques et données archéologiques

Cécile ALLINNE⁽¹⁾, Christophe MORHANGE⁽²⁾, Marinella PASQUINUCCI⁽³⁾ et Camille ROUMIEUX⁽⁴⁾

Résumé

En domaine littoral, dans un contexte de stabilisation plurimillénaire de la montée du niveau de la mer, se pose la question de l'impact des conditions environnementales sur les choix d'implantation des communautés humaines qui s'installent autour des embouchures fluviales. L'historiographie a développé des modèles plus ou moins déterministes, mais survivent-ils à la confrontation avec les données environnementales récemment acquises ? Quels ont été les effets de ces occupations sur l'évolution du littoral et réciproquement, comment les sociétés anciennes ont-elles utilisé, contourné, surmonté ou pas les potentialités et contraintes environnementales liées à l'occupation des estuaires, telles que l'accessibilité, la navigabilité, la vitesse de remblaiement d'origine terrigène et la hauteur de la colonne d'eau ? Nous présentons des données acquises dans le cadre de recherches pluridisciplinaires sur les différents ports antiques de Pise, qui illustrent la mobilité importante de ces milieux, leurs potentialités naturelles mais aussi leurs contraintes. L'intérêt des études consacrées à *Portus Pisanus* est que les données paléoenvironnementales, archéologiques et textuelles convergent et s'emboîtent, aboutissant à une restitution de l'évolution du paysage analysable sous deux angles de vue : celui, relativement lent et continu, du rythme naturel des migrations du littoral et celui, plus rapide et saccadé, des sociétés humaines exploitant ces environnements.

Abstract

What impact did the environmental conditions have on the choice of where human communities were established on the river mouths in coastal regions during a stabilisation period of the sea level over thousands of years ? The historiography has developed fairly deterministic models, but will they hold up in the light of recent and new environmental data ? What effects did these occupations have on the evolution of the coastline and equally how did ancient societies use, circumvent and overcome or be defeated by the environmental potential and constraints linked to living in an estuary ? Elements such as accessibility, navigability, rates of sedimentation and the height of the water column are to be considered. We will present the results of pluridisciplinary research carried out on the different Roman ports in Pisa illustrating the important changes in these areas, their natural potential and their constraints. The palaeo-environmental, archaeological and textual data come together and overlap one another resulting in the reconstruction of the evolution of the landscape, which can be analysed through two angles : a slow and continuous evolution influenced by the natural rhythm of the coastal migrations and a faster more erratic evolution influenced by human society exploiting the environment.

Mots-clés

Port antique, *Portus Pisanus*, risque naturel, détritisme, géomorphologie, géoarchéologie.

Keywords

Ancient roman harbour, *Portus Pisanus*, natural hazard, sedimentary budget, geomorphology, geoarchaeology.



(1) Normandie Université, Université de Caen, Centre Michel de Boüiard, CRAHAM, UMR 6273, Esplanade de la paix, 14032 Caen, France

(2) Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, CEREGE UM 34, IUF, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence, France

(3) Dipartimento di Civiltà e Forme del sapere, Università di Pisa, via L. Galvani 1, 56126 Pisa, Italie

(4) Aix-Marseille Université, Institut Méditerranéen de la Biodiversité et d'Écologie marine et continentale, CNRS, UMR 7263, St-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niemen, 13397 Marseille cedex 20, France

1. INTRODUCTION

Comme l'écrit Homère au chant V de l'*Odyssée*, Ulysse trouve refuge, lors d'une tempête à l'embouchure d'une rivière : « ...Lorsqu'il approcha de la bouche d'un fleuve aux belles eaux, ce lieu lui parut convenable, exempt de toute roche et à l'abri du vent » (vers 441-443). Dès la plus haute Antiquité, les embouchures fluviales ont probablement semblé des abris côtiers sûrs en cas de tempêtes, mais sur la longue durée, ces environnements se révèlent être sujets à de nombreux aléas naturels d'origine marine et continentale (Anthony 2009). Une embouchure fluviale est en effet un lieu d'échanges entre les domaines terrestre et marin, entre les processus hydrologiques, sédimentologiques, biologiques et humains qui interfèrent les uns avec les autres et provoquent des répercussions en chaîne sur l'ensemble de l'environnement. Son colmatage provient donc aussi bien de l'amont que de l'aval car cet espace est affecté à la fois par le débit fluvial et par l'onde de marée (Miossec dir. 2012). En général, la limite amont d'une embouchure correspond à la limite de propagation de la marée de vives-eaux en période d'étiage du fleuve.

À l'échelle de l'Holocène récent, la variation relative du niveau de la mer est en décélération constante depuis au moins 7000 ans (Stewart, Morhange 2009). Dans ce contexte général, les dynamiques naturelles, associées à l'occupation humaine des embouchures fluviales, peuvent engendrer des contraintes, des risques et des vulnérabilités spécifiques à des échelles spatio-temporelles variables (Morhange, Marriner 2010). Deux principaux forçages impactent directement l'aménagement des ports estuariens :

- la dynamique du budget sédimentaire. Les embouchures fluviales sont des réceptacles de matériels terrigènes provenant des bassins versants, en période de crues. Très logiquement, plus la vitesse de remblaiement sera élevée, plus le colmatage sera rapide et la progradation littorale accélérée (Stanley, Warne 1994). Les sédiments apportés par les fleuves entraînent l'avancée du trait de côte et le remblaiement des embouchures à l'origine d'une hyper-sédimentation piégée à l'intérieur des bassins portuaires aboutissant à l'enclavement des ports ;

- les dynamiques météo-marines et continentales. Les ports d'embouchure sont à la fois sensibles aux aléas marins, mais aussi aux aléas d'origine fluviale comme à Ostie (Goiran *et al.* 2014), Narbonne (Sanchez *et al.* 2014) ou le long des côtes d'Israël où Raban (1987) a émis l'hypothèse de l'utilisation des milieux estuariens comme abris côtiers privilégiés pour l'établissement de ports dès l'Âge du bronze.

Les dynamiques météo-marines sont liées à l'agitation de la mer (vague, marée, houle, tempête) et aux vents. Elles s'amortissent progressivement vers l'intérieur (Dalrymple *et al.* 2012). Les ports d'embouchure sont

donc soumis à trois aléas naturels spécifiques par rapport aux ports maritimes ou lagunaires (Morhange *et al.* 2015) :

- les crues fluviales, qui peuvent être à l'origine de destructions importantes comme à Narbonne, où la cartographie des crues récentes calque étroitement les contours maximaux de la paléo-lagune holocène. Les potentialités portuaires sont renforcées par la présence de l'embouchure de l'Aude, artificiellement chenalisée jusque dans la lagune. Les réfections des digues « sont régulières durant le haut Empire et sont révélatrices des difficultés à maintenir le cours d'eau dans son lit. La rive gauche est surélevée durant l'Antiquité tardive, avec l'apport de très nombreux blocs et d'une épave de la fin du IV^e s. ou du début du V^e s. de notre ère. Cette barque fluviale contenant encore une partie de sa cargaison témoigne de la destruction, ou du moins de l'arrachage des états antérieurs, et d'une réparation dans l'urgence. On peut donc affirmer que la digue s'est rompue et qu'un événement brutal (et/ou catastrophique) a mis à mal, au même moment, un bateau réutilisé pour colmater une zone de brèche et rehausser la digue » (Sanchez *et al.* 2014). Sur la côte du Levant espagnol, les ports successifs de Valence sur les berges du fleuve Turia traduisent, depuis 2000 ans, une histoire alluvionnaire complexe et des inondations souvent catastrophiques. Au cours du Moyen Âge, le fleuve Turia était encore navigable. Les crues ainsi que les prélèvements d'eau pour l'irrigation agricole ont provoqué un changement irréversible du lit mineur qui s'est progressivement remblayé de sédiments grossiers, contribuant à la progradation du delta et à l'accrétion sédimentaire de la plaine inondable (Carmona, Ruiz 2011). Ces travaux débouchent sur des réflexions intéressantes sur les impacts des paléo-inondations dans l'organisation des ports et des tissus urbains antiques, surtout traités dans des contextes plus fluviaux qu'estuariens, mais les risques sont comparables (Allinne 2007 ; Arnaud-Fassetta *et al.* 2010 ; Leveau 2012) ;

- la progradation d'origine terrigène. De très nombreux ports estuariens comme les tells de Troie (Kraft *et al.* 2003), les calanques portuaires de Malte (Marriner *et al.* 2012), les ports d'Ionie (Brückner *et al.* 2002 ; 2005 ; 2006 ; Kraft *et al.* 2007 ; Stock *et al.* 2013 ; 2014) dans un contexte de profondes rias longues de plusieurs dizaines de kilomètres, ont fait l'objet de publications détaillées qui mettent en évidence le rôle de la progradation des rivages dans le processus d'enclavement des bassins portuaires estuariens. Par exemple, à *Lixus* (Maroc), localisée au VIII^e s. av. J.-C. au fond d'un estuaire d'environ 3 m de profondeur d'eau, la progradation du delta intérieur du fleuve Loukkos a abouti à une continentalisation rapide du milieu et à un déclin des activités portuaires dès le VI^e s. ap. J.-C., puis à la création, au Moyen Âge, du port de Larache sur la côte atlantique (Carmona, Ruiz 2009) ;

- le recul du trait de côte et la subsidence du front deltaïque. Ces deux processus sont étroitement liés car la montée relative du niveau de la mer, quelles qu'en soient ses causes, aboutit à une translation de l'étage médiolittoral vers la terre et à un recul rapide des rivages meubles par érosion des vagues. Par exemple, l'embouchure de la branche canopique du Nil a fait l'objet de nombreux travaux. Depuis les recherches de Toussoun (1934), des prospections sous-marines archéologiques et géomorphologiques ont permis la cartographie du port antique d'Heraklion-Thonis (Goddio 2007). Les structures portuaires et les surfaces de circulation se positionnent vers 5 m de profondeur, sous le niveau marin actuel. Stanley *et al.* (2004 ; 2007) ont tenté d'expliquer cette profondeur importante par la notion floue de « *sedimentary failure* » qui recouvre différents forçages comme les impacts des tremblements de terre ou des tsunamis. Ces processus se sont surimposés à la subsidence chronique des cortèges sédimentaires deltaïques affectés par la compaction des sédiments et la surcharge des bâtiments antiques. Enfin, le tarissement de la branche canopique a induit l'érosion logique de son embouchure.

On insistera sur le fait que la majorité des ports d'embouchure ont disparu sous les sédiments plus que sous les eaux, comme le montre clairement l'exemple des ports antiques de Pise développé ci-dessous.

2. LES PORTS DE L'AGER PISANUS, PISE « STAZIONE FERROVIARIA SAN ROSSORE » ET *PORTUS PISANUS* : DONNÉES HISTORIQUES ET ARCHÉOLOGIQUES

Le long de la mer ligure, le territoire de Pise antique, l'*Ager Pisanus*, offre un exemple éclairant pour illustrer la diversité des contraintes subies par les installations portuaires, dans un environnement riche et densément occupé, associant l'embouchure de l'Arno et les basses plaines inondables de l'Arno, du Serchio et du Calambrone (fig. 1).

Petite ville prospère, Pise tirait partie de sa position géographique stratégique à la charnière entre le littoral et l'arrière-pays, contrôlant sur son territoire les échanges et la redistribution des marchandises par les voies maritimes, fluviales, intra-lagunaires et terrestres. Le paysage fluvio-lagunaire de la plaine, très mobile, ne se prêtait cependant pas à l'implantation d'un port stable, pérenne et bien abrité, ni sur le littoral très exposé, ni sur le cours des fleuves soumis à de fortes crues. Dans ces conditions, les Étrusques d'abord, puis les Romains, se sont adaptés en développant non pas un port unique, mais un système portuaire comprenant des installations réparties en plusieurs points du littoral et de la plaine alluviale, aux capacités et aux fonctions différentes (Pasquinucci 2004 ; Bruni 2009).

Les deux sites les plus récemment étudiés se trouvent l'un à Pise (« Stazione Ferroviaria San Rossore »), à proximité de l'Arno, l'autre sur la côte, au nord-ouest de Livourne (San Stefano ai Lupi). Ce dernier est l'antique *Portus Pisanus*, débarcadère maritime mentionné par les sources antiques, notamment dans l'*Itinerarium Maritimum* (l. 501) et le poème *De Reditu Suo*, de Rutilius Namatianus (l. 531-540). Tous deux ont livré les traces d'une fréquentation intensive et leur fonctionnement commence à être mieux compris (Benvenuti *et al.* 2006 ; Bruni 2003b ; 2009 ; Ducci 2009 ; Ducci *et al.* 2011 ; Mariotti-Lippi *et al.* 2007). Supervisant enfin la desserte des espaces fluvio-lagunaires entre la côte et Pise, un réseau d'escales, aux installations parfois aussi conséquentes, bien connecté aux voies de communications terrestres, ponctuait les voies fluviales secondaires (notamment le Serchio) et probablement les lagunes et marais littoraux, jusqu'au lac du Massaciuccoli plus au Nord. Deux de ces établissements ruraux ont été fouillés, l'un à l'Isola di Migliarino (Menchelli, Vaggioli 1987), sur un paléochenal du Serchio, l'autre à San Piero a Grado, sur un bras mort de l'Arno (Bruni dir. 2001 ; Bruni 2003a)¹. Ce dernier site, à la longue durée de vie, est présenté comme le port principal du territoire à l'époque étrusque (Bruni dir. 2001) et comme l'un des principaux à l'époque romaine (Pasquinucci 2003 ; Camilli, Gambogi 2005, 128).

Dans ce contexte, une réflexion sur la gestion du risque fluvial par les sociétés antiques ne peut s'entreprendre ici qu'à l'échelle du littoral de l'*Ager Pisanus*, l'ensemble des installations portuaires qui le structurent étant liées (Camilli 2004a ; Pasquinucci 2004 et 2008 ; Pasquinucci, Menchelli 2010 ; Bruni 2009). Toutefois, il est possible, au cas par cas, d'observer les types de réponses apportées et les choix effectués pour gérer les contraintes naturelles et les crises et maintenir, ou abandonner, chacun des sites. Ces observations aident ainsi à retracer l'histoire générale de la gestion du système portuaire dans le temps.

L'histoire de la ville de Pise est ancienne. La légende de sa fondation est décrite dans Strabon (*Géogr.*, 5, 2, 5). Ville étrusque importante, elle est intégrée à l'État romain au III^e s. av. J.-C., avec le statut de cité fédérée. Dès lors, son port prend une place stratégique durant les Guerres Puniques, les guerres contre les Ligures et les campagnes de conquête des provinces occidentales, entre le milieu du III^e s. et le II^e s. av. J.-C. Avec le développement de l'Empire, la fonction militaire de la façade portuaire perd de

1. Un dernier site, nommé « Porto alle Conche », à peu de distance de l'Isola di Migliarino, est souvent compté parmi les ports antiques secondaires du territoire de Pise, sur la base de découvertes anciennes (Neppi Modona 1956, 32, n° 3-4 ; Bruni 2009, 110). Cet avis n'est cependant pas partagé par tous les auteurs (Camilli, Gambogi 2005, 129).

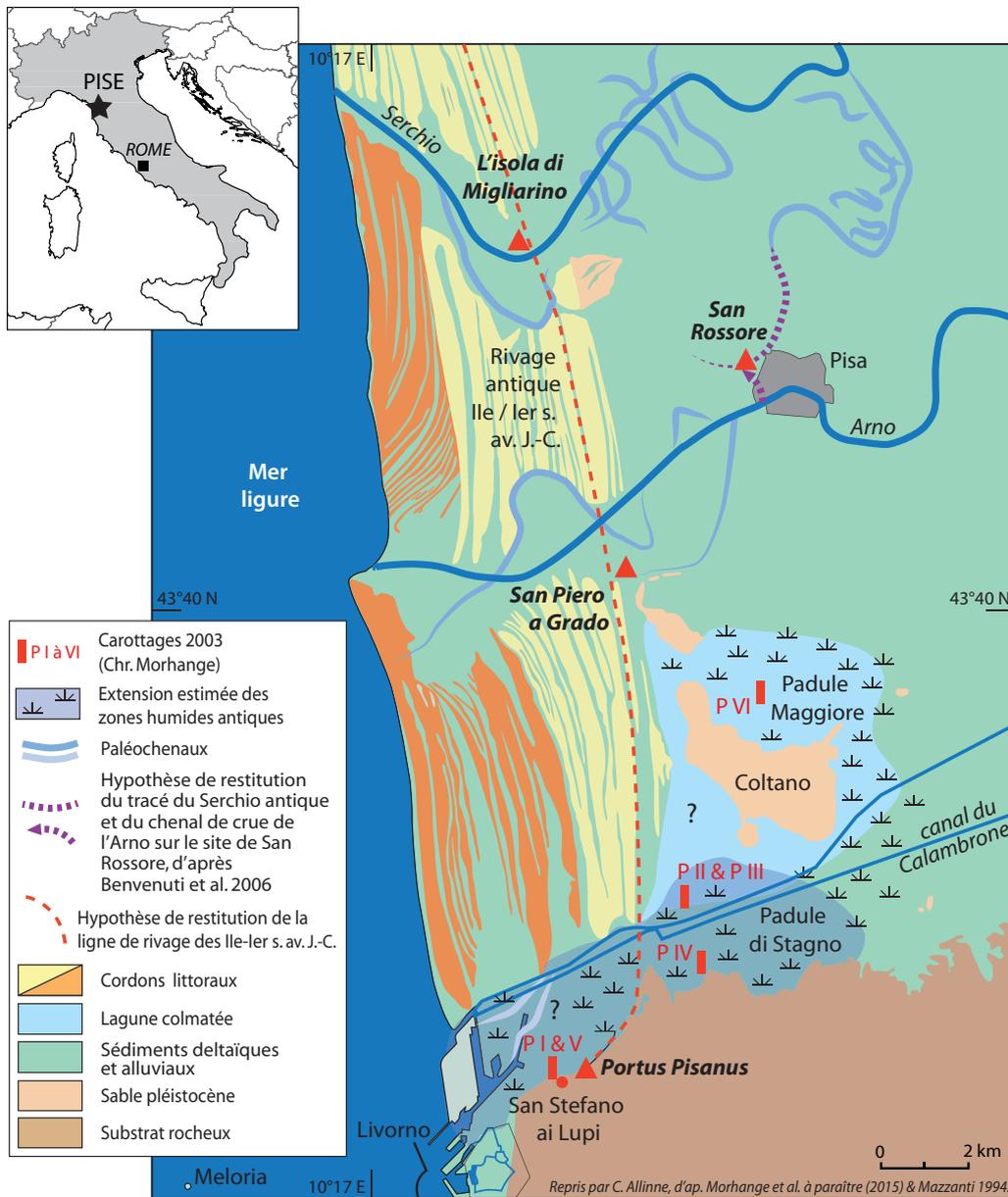


Fig. 1 : Le littoral de l'Ager Pisanus, éléments de reconstitution du paysage antique.

son importance au profit du développement de son aspect commercial.

Les quatre principaux sites portuaires antiques connus sur l'Ager Pisanus (San Piero a Grado, l'Isola di Migliarino, Portus Pisanus et « Stazione Pisa-San Rossore ») ont tous été utilisés du V^e s. av. J.-C. au V^e s. ap. J.-C., même si les phases les plus florissantes de chacun d'entre eux diffèrent, que certains semblent avoir une origine plus ancienne et que d'autres ont perduré jusqu'au début du Moyen Âge. Si la chronologie d'occupation de ces différents sites est maîtrisée, les liens qu'ils pouvaient entretenir entre eux ne sont pas encore compris. La question de leur hiérarchie

et de leur spécialisation éventuelle constitue ainsi une problématique importante au sein des recherches menées actuellement sur la plaine de Pise et l'organisation de son territoire dans l'Antiquité. Développés en collaboration avec des études portant sur les mouvements littoraux et l'évolution des systèmes fluviaux, ces travaux permettront de mettre en parallèle l'évolution de l'occupation du sol et les mutations du milieu.

L'histoire du port périurbain de Pise antique est représentative des risques encourus par les implantations riveraines de cours d'eau très actifs, mais peut-être surtout d'un certain type de comportement face au problème des

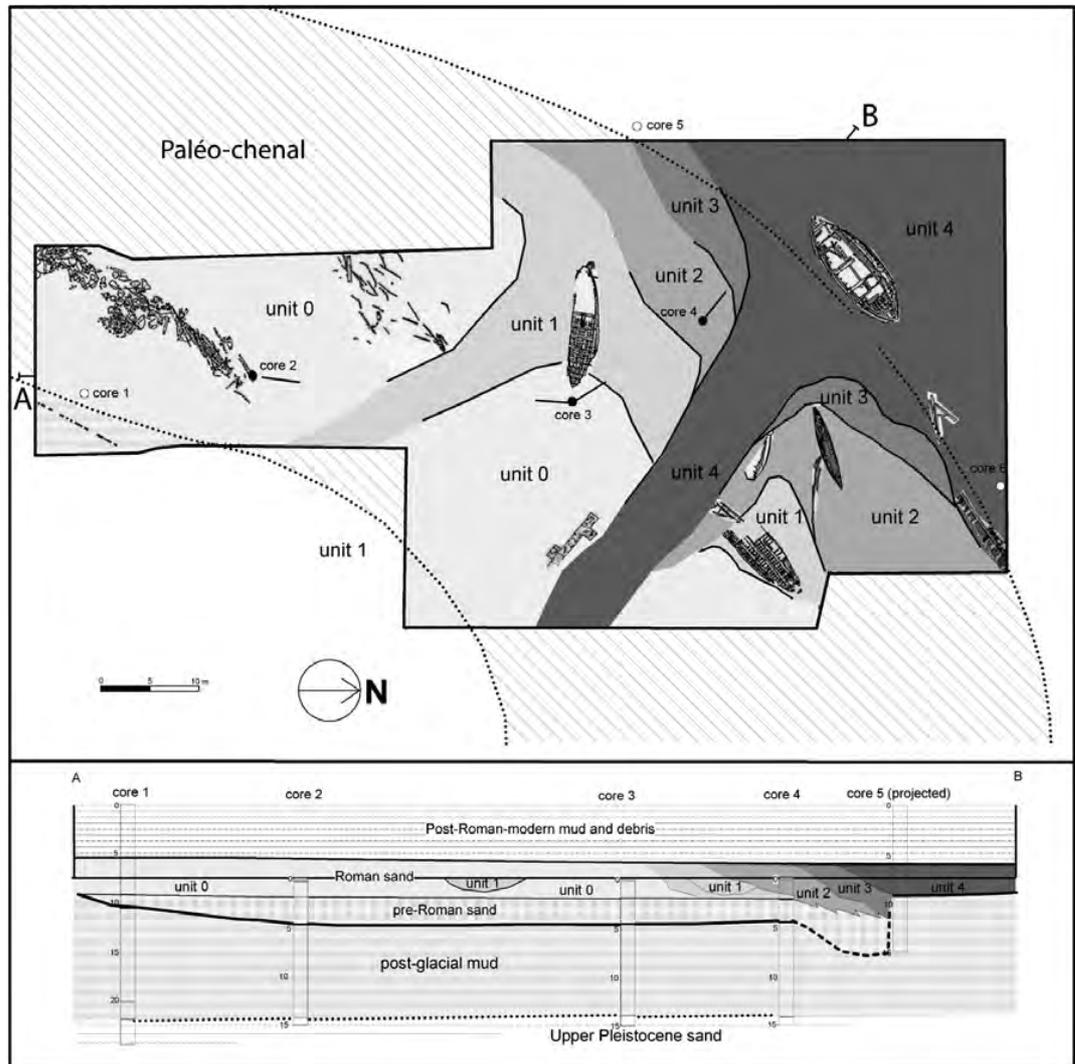


Fig. 2 : L'environnement fluvial du port antique de San Rossore (d'après Benvenuti et al. 2006).

crues et des dégâts qu'elles occasionnent ponctuellement, ainsi que face au problème, beaucoup plus contraignant pour le tissu urbain, des diffluences fluviales.

2.1. « Stazione Ferroviaria Pisa-San Rossore »

Enfouie sous plusieurs mètres d'alluvions, la découverte en 1998, d'un port fluvial en périphérie nord-ouest de l'agglomération antique, dans le quartier actuel de la gare « Pisa-San Rossore », a entraîné une fouille puis une étude détaillée des seize navires mis au jour et des mobiliers associés, issus des chargements coulés avec les embarcations, ou des dépotoirs accumulés dans le fond du plan d'eau (Bruni dir. 2000 ; Bruni 2009 ; Camilli 2002 ; 2005 ; Camilli, Setari dir. 2005). La restitution du contexte environnemental et de la géométrie du bassin n'avait pu faire l'objet d'aucune attention particulière au début de la fouille.

Les études paléoenvironnementales réalisées plus tard, en cours de chantier, ont toutefois permis de comprendre à quel type d'environnement fluvial correspondait le site et dans quelles circonstances les bateaux avaient sombré (Benvenuti et al. 2006 ; Mariotti-Lippi et al. 2007) (fig. 2).

Le secteur de la gare « Pisa-San Rossore » se trouve à 1 km au nord du méandre actuel de l'Arno, seul fleuve actuel qui traverse Pise. La configuration du réseau hydrographique était toutefois très différente dans l'Antiquité, comme en témoignent les descriptions des auteurs anciens, dont Strabon (*Géogr.*, 5, 2, 5) et Rutilius Namatianus (*De Reditu Suo*, 565-571). Même si leurs écrits sont séparés de quelques 400 ans, leurs informations sont globalement concordantes : **la ville antique est située entre deux cours d'eau, l'Arno et l'Auser, qui confluent dans la ville. L'Auser est le nom antique d'une branche du Serchio, qui coule à l'heure actuelle environ 7 km au nord de Pise.** L'analyse

cartographique et la photo-interprétation ont montré qu'au moins un bras secondaire du fleuve, l'*Auserculus*, se détachait du cours principal pour rejoindre le secteur de Pise, en provenance du nord-est, confirmant en cela une observation d'un scholiaste de Ptolémée (*Géographie*, 3, 1, 4)². Différentes ramifications de ce bras d'eau au cœur de la ville ont d'ailleurs été mises en évidence. La confluence entre les deux cours d'eau est enfin présentée par Rutilius Namatianus, au V^e s. ap. J.-C., comme très tumultueuse et ne laissant émerger qu'une mince bande de terre.

Les études géomorphologiques réalisées sur le chantier archéologique de « Pisa-San Rossore » ont confirmé la complexité et la mobilité du réseau hydrographique, à défaut d'offrir une image précise des formes du paysage et de leur évolution (Benvenuti *et al.* 2006 ; Mariotti-Lippi *et al.* 2007 ; Sarti *et al.* 2010). L'interprétation des événements est compliquée parce que les contours du bassin portuaire, situés hors de l'emprise de la fouille, n'ont jamais pu être cernés. La forme de ce dernier reste donc inconnue. Les aménagements de berge les plus anciens, un système de renforcement de la rive au moyen d'une palissade et d'un enrochement, datés du tout début du V^e s. av. J.-C. (Camilli 2004a et b), semblent installés sur le lobe d'un méandre de l'Arno ou de l'*Auser*, abandonné à la suite d'une crue ayant provoqué une avulsion (Benvenuti *et al.* 2006, 874). Dans le nouveau chenal, déporté vers le nord-ouest d'environ 10 m, les activités de chargement et déchargement des marchandises se développent, comme en témoignent les vestiges de l'extrémité d'un ponton de bois, l'abondant mobilier et une épave, mis au jour dans le fond du bassin (Bruni dir. 2000). Bateau et ponton ont été détruits par une crue survenue au début du II^e s. av. J.-C. Le comblement progressif du chenal, aggravé par au moins une crue dévastatrice, datée entre la fin de la période augustéenne et l'époque tibérienne, a entraîné, dans les premières décennies du I^{er} s. ap. J.-C., le réaménagement complet des installations. Un puissant mur, conservé sur de 8 m de long, large de 1,5 m et munis de contreforts, a alors été édifié à une trentaine de mètres de la rive précédente. Orienté sud-est/nord-ouest, soit perpendiculairement aux structures jusque là dégagées, il a été interprété comme le mur de maintien de la berge d'un canal, aligné sur un axe du réseau centurié (Camilli 2004a, 74-75 ; 2004b ; Remotti 2005). Ce chenal régularisé serait celui de l'*Auser*, qui coulait au nord de la ville antique, et qui a pu être partiellement détourné pour alimenter un réseau de canaux. La disposition des épaves dans le fond de la zone de fouille montre toutefois que l'espace utilisé n'était pas limité aux quais longeant un étroit canal. Si la forme du bassin d'accueil est inconnue, ses dimensions excédaient, quoiqu'il en soit, 45 m sur 50 m. C'est dans cette configuration que

le petit port semble avoir fonctionné jusqu'à son abandon, au V^e ou VI^e s. ap. J.-C., malgré les épisodes d'inondation qui sont venus ponctuer son existence et son ensablement incessant. L'emprise en eau du bassin se réduisait ainsi, à la fin de l'Antiquité, à une petite zone humide peu profonde et très envasée qui a servi de dépotoir périurbain jusqu'à son comblement définitif aux VI^e-VII^e siècles (Bruni dir. 2000 ; Barbagli 2005 ; Mariotti-Lippi *et al.* 2007). La condamnation du site de « Pisa-San Rossore » est expliquée à la fois par la dynamique hydrologique et par l'abandon de l'entretien du bassin et du chenal du cours d'eau. Quatre crues catastrophiques ont affecté le site, entre le II^e s. av. J.-C. et les V^e-VI^e s. ap. J.-C., provoquant les naufrages des différentes embarcations mises au jour et l'effondrement des môles et pontons qui s'avançaient dans le chenal, mais aggravant surtout son processus de comblement (Benvenuti *et al.* 2006). De fait, chacun des événements alluviaux enregistrés sur le site a provoqué un déplacement majeur de la rive, toujours en direction du nord-ouest et un rétrécissement de l'espace accessible aux bateaux. La brutalité des inondations et la violence du flux ont été interprétées comme les conséquences de la formation de brèches dans la berge du fleuve (Benvenuti *et al.* 2006). L'eau s'est engouffrée dans les crevasses et s'est déversée dans le bassin portuaire, détruisant tout sur son passage.

La légèreté et la dispersion des aménagements portuaires sur le site de « Pisa-San Rossore », associées au constat d'une absence d'infrastructures construites en arrière des berges, au moins pour la période romaine, a conduit à considérer ce site périurbain comme un point de débarquement de seconde importance au sein du réseau portuaire de l'*Ager Pisanus* (Camilli 2004a et b ; 2005). S'il n'est pas question ici de débattre de la hiérarchie des établissements portuaires pisans, on constatera, quoi qu'il en soit, que la qualité et la forme des diverses constructions mises au jour à « Pisa-San Rossore » sont bien appropriées aux conditions environnementales instables. Le nombre et la diversité des types de bateaux coulés par les crues successives (*oneraria*, grandes et petites embarcations destinées à la navigation fluviale ou intra-lagunaire) prouvent que le port était très actif et en bonne communication avec la mer. Les éléments de pontons et de quais mis au jour, à partir desquels les navires pouvaient être déchargés, ne sont certes pas monumentaux, mais n'en ont pas moins été tout à fait fonctionnels. Ces formes d'aménagement sont parfaitement adaptées à la mobilité du milieu fluvial de l'Arno et du Serchio antique. Plus imposantes, les constructions n'auraient pas mieux survécu aux dommages causés par les crues et aucune action d'urbanisme n'aurait pu empêcher le colmatage sédimentaire du bassin, même si des opérations de dragages, envisageables (Bruni 2003a, 85 ; 2009, 113), ont pu ralentir le processus. On ne sait rien de l'aménagement des rives de l'Arno et de l'*Auser* dans leurs parcours urbains. Peut-être étaient-ils endigués, corsetés entre des

2. Voir la feuille « *Paleogeografiche* » > « *Età romana* » du SIG sur l'archéologie de la ville de Pise (MAPPAGIS), du MAPPA Project.

berges solidement renforcées ? Il est toutefois clair que dans le secteur périurbain de la « Stazione Ferroviaria Pisa-San Rossore », rien n'a été entrepris dans ce sens, même si le chenal relié à la zone portuaire semble avoir été régularisé au I^{er} s. ap. J.-C. En définitive, les communautés utilisatrices du port et riveraines semblent avoir vécu avec les caprices des deux cours d'eau, adaptant au mieux les nécessités de mouillage et/ou d'accostage aux évolutions, parfois dramatiques, du milieu naturel. Utilisé en continu durant plus de 700 ans, ce port peut indéniablement être considéré comme une réussite. À ce titre, son histoire est assez proche de celle du port fluvial antique de Lyon Saint-Georges, installé au I^{er} s. ap. J.-C. au confluent de deux bras de la Saône, dans un environnement fluvial mobile qui aboutit, au III^e siècle, à l'abandon et au comblement de l'un des deux bras fluviaux et au déportement vers l'est de l'autre, sans que le port n'ait cessé d'être utilisé (Ayala 2007 ; Ayala dir. 2013).

2.2. *Portus Pisanus*

La situation du second site étudié ici, *Portus Pisanus* est très différente. Considéré par les érudits modernes et contemporains comme le port principal de la plaine de Pise à l'époque romaine, il était implanté sur le littoral, dans la commune actuelle de Livourne, au nord-est de la ville (fig. 1). La recherche de sa localisation exacte a fait l'objet de multiples hypothèses depuis le XVIII^e siècle, croisant sources écrites, découvertes archéologiques et enquêtes géologiques, géomorphologiques et géophysiques (Schmiedt 1970 ; Pasquinucci, Mazzanti 1985 ; 1987 ; Pasquinucci, Rossetti 1988 ; Pasquinucci *et al.* 2001 ; Pasquinucci 1994 ; 2003 ; 2004 ; 2007 ; Pasquinucci, Menchelli 2010 ; Pasquinucci *et al.* 2012). Les principaux éléments de discussion étaient les suivants :

1) l'Itinéraire Maritime de Rome à Arles (*Itinerarium Maritimum*, 501) indique que *Portus Pisanus* se trouvait juste au nord de Livourne, et existait déjà, d'après la datation donnée pour ce passage particulier de l'Itinéraire d'Antonin (Lugland 1926), dans la seconde moitié du I^{er} s. ap. J.-C. Dans le même périmètre, une station portuaire nommée *Labro* est déjà mentionnée dans Cicéron (*Ad Quintum Fratrem*, 2, 5) (Pasquinucci 2003). Il pourrait s'agir de l'établissement portuaire initial qui existait donc au moins depuis le I^{er} s. av. J.-C.

2) un passage du poème *De Reditu Suo* (l, 527-540) de Rutilius Namatianus, écrit au début du V^e siècle, décrit *Portus Pisanus* comme un port important mais étrangement peu abrité. Ouvert sur le littoral, battu par les vents, il était seulement protégé par des *hauts fonds* amortissant la houle.

3) il y a juste au nord de Livourne l'entrée d'une ancienne lagune (les secteurs de Coltano et Stagno) où de vastes marais, actuellement drainés, subsistaient encore à l'époque moderne.

4) sachant que *Portus Pisanus* a été utilisé au moins de la seconde moitié du I^{er} s. jusqu'au V^e s. ap. J.-C., pouvait-il avoir été initialement implanté à l'intérieur d'une lagune, dans le secteur de Stagno, puis repoussé sur la côte au fur et à mesure du comblement du plan d'eau ?

Deux enquêtes récentes, l'une paléoenvironnementale, l'autre archéologique, ont permis d'éclaircir le débat.

2.2.1. *Apport des paléoenvironnements*

L'étude de la lithologie et des assemblages fossiles d'ostracodes de la carotte P1 (site Mercurio Elia) située à proximité de la ville de Livourne présente l'histoire du confinement d'un milieu margino-littoral et propose une première localisation de *Portus Pisanus* (fig. 3 et 4).

Depuis Mazzanti (1994), la progradation des rivages a été de mieux en mieux précisée (Amorosi *et al.* 2013 ; Rossi *et al.* 2011 ; 2012 ; Sarti *et al.* 2010). Plusieurs analyses de photographies aériennes ont montré l'existence d'une série de nombreux paléo-méandres qui traduisent une mobilité importante des lits mineurs et des embouchures fluviales à toutes les échelles de temps et d'espace (Bini *et al.* 2008). Durant l'Antiquité, le Calambrone s'écoulait au nord de l'actuelle ville de Livourne. La partie ouest du talweg était encore ennoyée sous la forme d'une ria (Mazzanti 1994). Aujourd'hui, la morphologie littorale est caractérisée par d'anciens cordons littoraux longitudinaux, qui séparent les dépressions marécageuses de la mer. Ce paysage évoque un épisode de colmatage et de régularisation pluri-millénaire des rivages. Nous pouvons résumer la fermeture du milieu à *Portus Pisanus* en trois étapes (fig. 3).

Étape 1 : transgression marine vers 4500 ans BP

Ce niveau présente peu d'ostracodes. Il correspond à une phase d'installation de la population en micro-crustacés dans des conditions assez défavorables. L'assemblage décrit un milieu ouvert sur la mer avec la présence majoritaire de l'espèce laguno-marine *Xestoleberis* « rond » et du genre phytal marin *Callistocythere* sp. L'indice de Shannon proche de 3 et une équitabilité de 0,8 environ traduisent une codominance. La lithologie est composée de sables grossiers. Cette phase commence à partir d'environ 4500 BP (2900-2700 ans cal BC). Cette unité transgressive est caractérisée par une vitesse de sédimentation apparente de 0,7 mm par an qui est très faible.

Étape 2 : milieu lagunaire protégé à partir de 3300 ans BP

Le milieu est caractérisé par des espèces de type lagunaire comme *Cyprideis torosa* et *Loxoconcha rhomboidea*. Le nombre d'ostracodes est inférieur à 50 individus pour 10 g d'échantillons ce qui pourrait être expliqué par un environnement non propice au développement de la

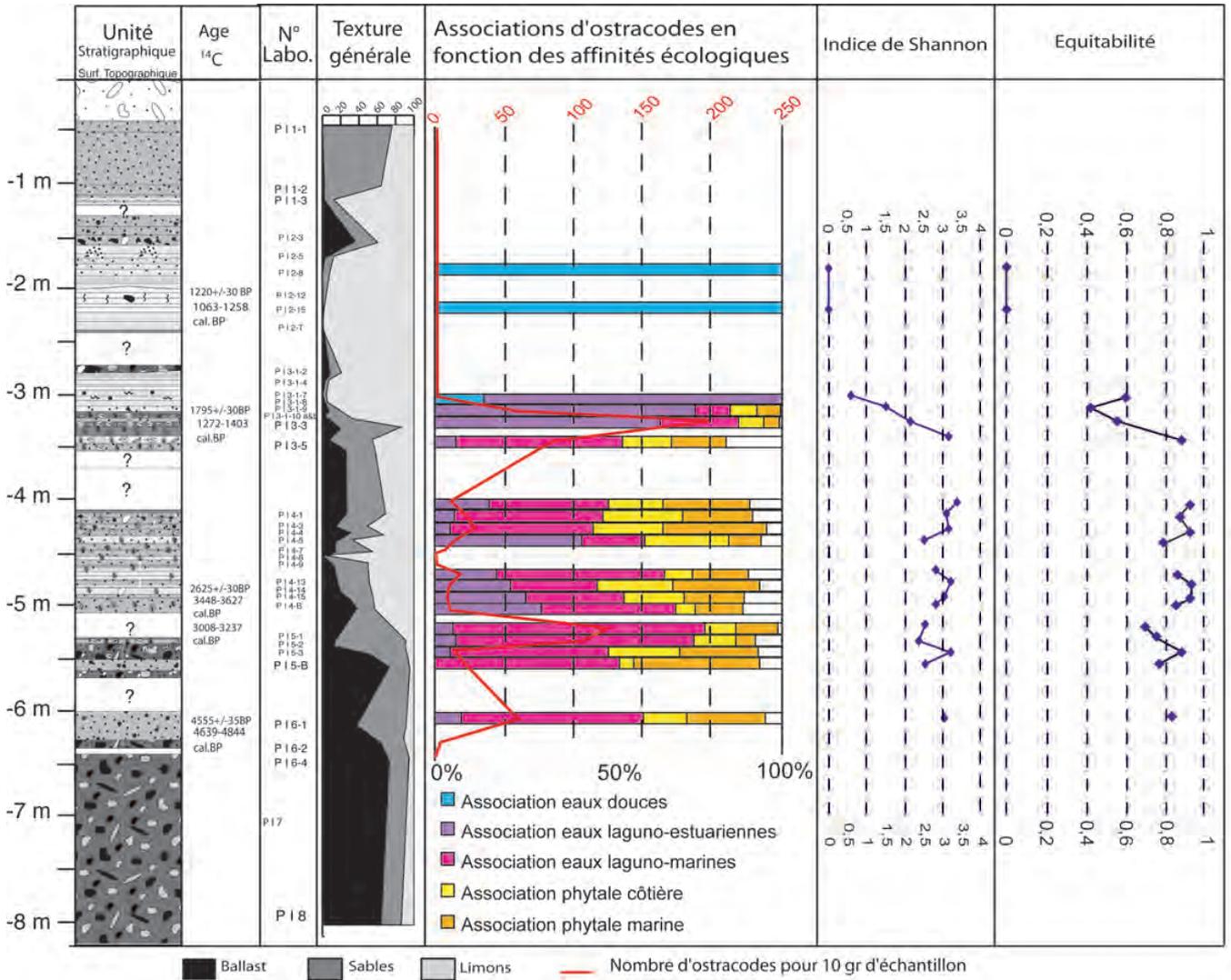


Fig. 3 : Évolution des environnements dans la carotte P I « Mercurio Elia ».

Représentation des âges estimés par le spectromètre de masse et de leur calibration par le logiciel Calib rev 5.1.

* L'astérisque signale la datation que nous avons refusée.

Echantillon	Profondeur moyenne en cm	Laboratoire	Matériel daté	Age 14C (BP)	±	Cal. BP	Cal. BC/AD
P I 2-12	204,5	Poz-15866	bois	1220	± 30	1063-1258	692 AD - 887 AD
P I 3-1-9	312,5	Poz-15863	<i>Bittium reticulatum</i>	1795	± 30	1272-1403	547 AD - 698 AD
P I 4-15*	490,5	Poz-15864	<i>Bittium reticulatum</i>	2625	± 30	2187-2399	238 BC - 450 BC
P I 4B A	499	Poz-15867	charbon	3300	± 30	3448-3627	1479 BC - 1678 BC
P I 4B B	499	Poz-15861	<i>Bittium reticulatum</i>	3285	± 30	3008-3237	1059 BC - 1288 BC
P I 6-1	613,5	Poz-15865	<i>Bittium reticulatum</i>	4555	± 30	4639-4844	2690 BC - 2895 BC

Fig. 4 : Datations au radiocarbène, carotte P I « Mercurio Elia ».

population. Le développement de *Cyprideis torosa* traduit une tendance à la fermeture du milieu lagunaire et reflète la première étape de confinement de l'environnement. La présence de *Loxoconcha rhomboidea* indique aussi une communication avec la mer ouverte par l'intermédiaire d'une passe à faible débit. Les indices de Shannon et d'équitabilité reflètent une codominance entre les espèces. Cette phase commence vers 3300 ans BP, soit entre 1050 et 1700 ans cal BC. Cette fourchette d'imprécision chronologique est importante en fonction de l'échantillon privilégié, soit *Bittium reticulatum*, soit un charbon. Nous pouvons cependant conclure qu'à partir du 2^e millénaire av. J.-C. et pendant *ca.* 2000 ans, le milieu est caractérisé par une lagune protégée en communication avec le domaine marin. Cet environnement a donc pu servir d'abri portuaire naturel durant les périodes étrusque puis romaine. *Portus Pisanus* peut donc se localiser à proximité de la carotte P1. Cette hypothèse est partiellement validée par la découverte à proximité de la carotte P1, dans le secteur de San Stefano Ai Lupi, d'imposants vestiges romains, décrits vers 1750 par le savant Targioni Tozzetti et alors attribués à *Portus Pisanus* (Pasquinucci, Menchelli 2012), ainsi que d'édifices commerciaux compris comme des entrepôts de l'époque impériale (Ducci *et al.* 2008 ; 2011).

Étape 3 : Accentuation de la fermeture de la lagune à partir de 1800 et 1200 ans BP

Cette unité montre une augmentation de la fraction limoneuse qui dépasse près de 80 % de la texture globale. Elle est caractérisée par une augmentation du nombre d'ostracodes (plus de 200 individus pour 10 g). Ceci précise un milieu de mode particulièrement calme et une richesse en nutriments. Les assemblages précisent un environnement laguno-estuarien relativement confiné. Plusieurs niveaux présentent ainsi une quasi mono-spécificité de *Cyprideis torosa*. Ce schéma écologique se retrouve, par exemple, dans le lac actuel de Tunis. Comme dans la plupart des milieux situés à l'interface eau douce-eau salée, la diversité spécifique des organismes lagunaires benthiques est habituellement faible. On calcule des indices de Shannon et d'équitabilité qui chutent pour atteindre respectivement 0,5 et 0,4 et qui précisent la domination importante de *Cyprideis torosa*. Au niveau 307 cm, on note l'apparition d'un genre d'eau douce *Candona* sp. provenant du Calambrone.

Cette accentuation de la fermeture de la lagune et sa continentalisation progressive a été datée entre 1800 ans BP (*ca.* 550-700 cal AD sur *Bittium*) et 1200 ans BP (*ca.* 700-900 ans cal AD sur bois). On peut donc estimer que l'accessibilité à ce plan d'eau devient de plus en plus difficile à partir de la fin de l'époque romaine et nous postulons que ce secteur a pu être abandonné du fait d'une continentalisation naturelle croissante liée à la progradation et à la régularisation des rivages. Cette évolution est en particulier

liée à l'accrétion des flèches littorales qui bloquaient l'embouchure du Calambrone. Le déplacement constant, vers l'ouest, des ports de Livourne depuis le Moyen Âge, traduit bien les contraintes du milieu physique qui forcent les hommes à abandonner progressivement les côtes meubles et les embouchures fluviales pour se rapprocher et s'installer sur les côtes rocheuses dans des milieux plus stables (Ceccarelli Lemut 2011 ; Vaccari 2011).

Étape 4 : Continentalisation définitive

Le colmatage définitif de la lagune entraîne un changement important des faciès qui présentent une forte proportion de limons associés à des sables fins. Les ostracodes présentent une population extrêmement faible qui caractérise un environnement d'eau douce par la présence du genre *Candona*. Ce taxon possède une taille importante (supérieure à 2 mm) qui le rend très fragile. On trouve d'ailleurs beaucoup plus de fragments que d'animaux entiers, les crues fluviales étant à l'origine de cycles de vie réduits du fait de surmortalité. La proximité de l'embouchure du Calambrone et les divagations du fleuve entraînent ainsi des variations importantes de population.

Cette étude paléoenvironnementale de *Portus Pisanus* présente l'histoire d'une fermeture du milieu margino-littoral et une métamorphose progressive des environnements puisqu'en moins de 5000 ans, on est passé d'une baie marine ouverte à une lagune protégée mais en communication avec le large, qui a pu servir de bassin externe à *Portus Pisanus* puis à une lagune de plus en plus confinée après l'époque romaine et enfin à un milieu d'eau douce estuarien. Par comparaison, la carotte P II, qui se localise derrière le cordon littoral traduit un milieu lagunaire relativement plus protégé depuis au moins 6000 ans (fig. 5).

L'évolution bio-sédimentologique de la zone de *Portus Pisanus* est finalement assez banale. Cependant la question de la localisation précise du port antique donne du sens à cette recherche géomorphologique. Nous pouvons conclure que le secteur de la carotte P1 Mercurio Elia a été caractérisé à partir de 1700 ans BC et jusqu'au milieu du 1^{er} millénaire AD par un environnement lagunaire particulièrement attractif : à la fois suffisamment protégé des événements de haute énergie comme les tempêtes et en même temps accessible pour les navires antiques. Le confinement progressif du milieu est observé par l'augmentation des espèces laguno-estuariennes entre 1800 ans BP (*ca.* 550-700 cal AD sur *Bittium*) et 1200 ans BP (*ca.* 700-900 ans cal AD sur bois).

2.2.2. Apport de l'archéologie

Les premiers vestiges des infrastructures de *Portus Pisanus* ont été découverts en 2004, à l'occasion de fouilles de sauvetage, puis étudiés en contexte programmé de 2005 à 2007 et enfin en 2009 (Ducci *et al.* 2005 ; 2008 ;

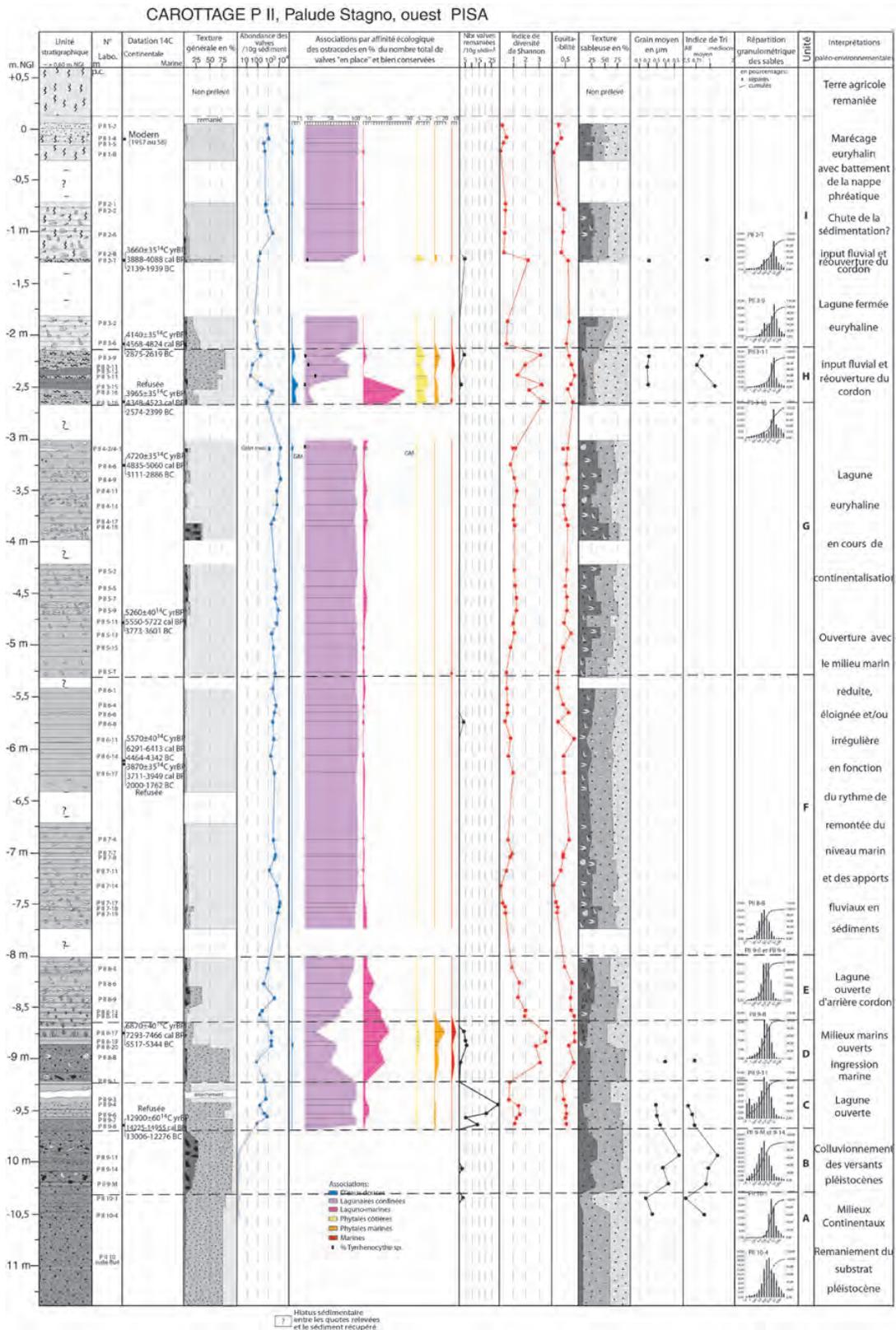


Fig. 5 : Évolution des environnements dans la carotte P II « Padule Stagno - Ouest » (analyses S. Stefaniuk).

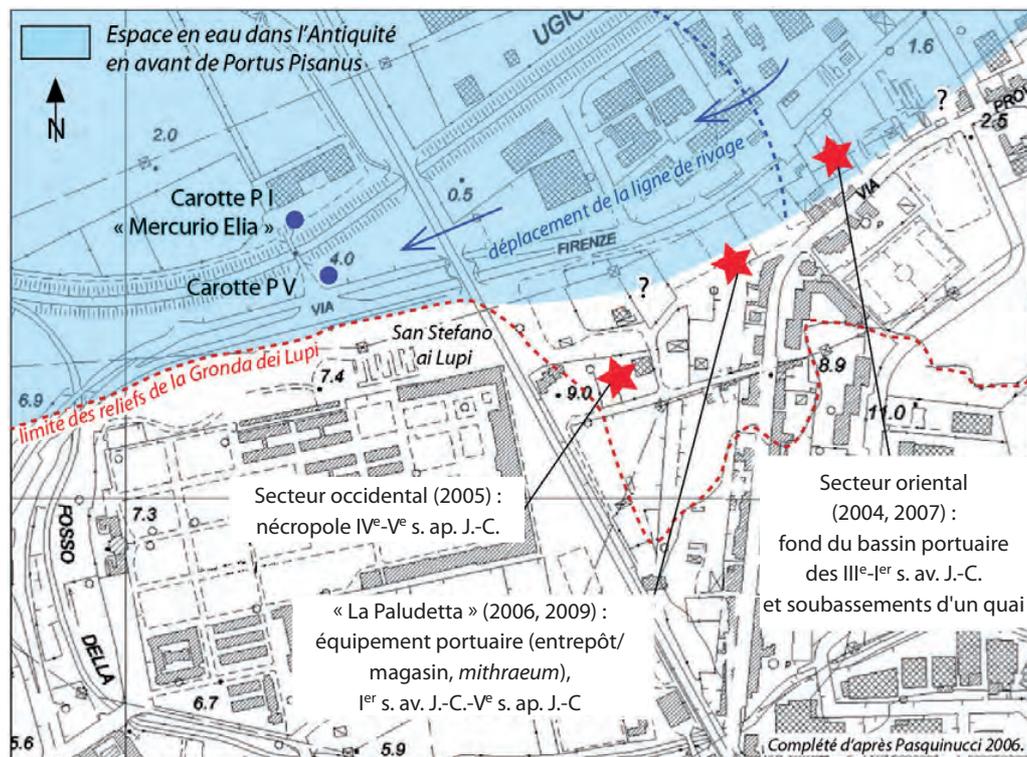


Fig. 6 : *Portus Pisanus*. Localisation des secteurs fouillés entre 2004 et 2009 au pied de la Gronda dei Lupi.

2011 ; Ducci 2009 ; Pasquinucci, Menchelli 2010). Par chance, les secteurs fouillés se trouvent à seulement 500 m à l'est du lieu de prélèvement de la carotte P1, assurant une bonne concordance des observations sur les environnements et leurs rythmes d'évolution entre les deux espaces. Sur l'ensemble des campagnes, trois secteurs discontinus ont été explorés, sur des terrains libres de construction de la zone industrielle, sur une bande Est-Ouest d'environ 350 m située sur le piémont oriental de la corniche de San Stefano ai Lupi (fig. 6). L'originalité des résultats est que les fouilles n'ont pas livré de séquence chronologique ni de mode d'occupation concordant d'un secteur à l'autre. Ces décalages chronologiques et ces différences d'usage des espaces mettent cependant en lumière les déplacements des installations le long de lignes de rivage en évolution continue, depuis la transition des VII^e-VI^e s. av. J.-C. jusqu'aux V^e-VI^e s. ap. J.-C.

Un bassin portuaire, en eau entre le III^e et le I^{er} s. av. J.-C., s'étendait à l'emplacement du secteur oriental de fouille, au lieu-dit « Il Deserto ». Il a révélé une stratigraphie particulière, propre à ces milieux, composée d'une alternance de couches naturelles, mettant en évidence un milieu très actif bien ouvert sur le large, au sein desquelles reposait un abondant mobilier archéologique, issu essentiellement des dépotoirs riverains et des pertes ou des rejets provenant des bateaux. **Quelques éléments d'un quai composé de gros blocs maintenus par des pieux,**

orienté Est-Ouest, ont également été mis au jour sur une petite longueur. La présence éparsée, dans le fond du bassin, de matériel de la **toute fin du VII^e s. av. J.-C. et du début du VI^e s. av. J.-C.** laisse penser que la zone ou ses alentours, peut-être plus à l'intérieur de la lagune, à l'est, étaient déjà fréquentés antérieurement. À partir du milieu du I^{er} s. av. J.-C., cependant, le plan d'eau commence à se colmater, comme en témoignent les épais lits de posidonies et les dépôts alluvionnaires visibles dans les coupes (fig. 7). À quelques 150 m à l'ouest de ce premier sondage, au lieu-dit « la Paludetta », les fouilles ont révélé les fondations d'un grand bâtiment rectangulaire à portique, de 30 x 40 m, dont 10 pièces ont été dégagées. Interprété comme un entrepôt, il a été construit vers la moitié du I^{er} s. av. J.-C., sur un édifice plus ancien daté des III^e-II^e s. av. J.-C., et a été utilisé jusqu'à la fin du VI^e s. ap. J.-C. Entre le milieu du II^e et la moitié du III^e siècle, une partie du magasin a accueilli un *mithraeum* abandonné au début du V^e siècle. Cette zone de fouille a livré un mobilier particulièrement abondant et diversifié. Son étude a mis en lumière la grande qualité des produits échangés à *Portus Pisanus*, mais a aussi montré que **la zone est restée fréquentée jusqu'au VI^e siècle.** Aucun quai n'a été découvert, mais la ligne de rivage ne devait pas être très éloignée de l'espace de stockage. Sur la longue période d'utilisation de cet espace (500 ans environ), la rive a continué à se déplacer d'Est en Ouest. Il est vraisemblable qu'au VI^e siècle, le

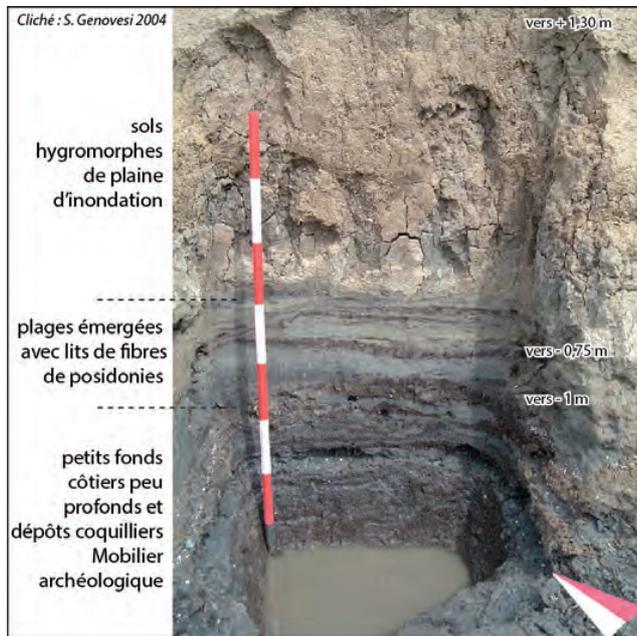


Fig. 7 : *Portus Pisanus*. Stratigraphie du comblement du bassin portuaire antique (III^e-I^{er} s. av. J.-C.), observée dans le secteur oriental.

bassin portuaire devant le grand magasin ait été complètement comblé. Sur la Gronda dei Lupi enfin, dans la zone ouest, au lieu dit « Podere Palazzotto », une nécropole des IV^e et V^e siècles a été mise au jour. Qu'aucun lien avec le port ne puisse être fait est normal : à cette époque, ce dernier n'était plus dans ce secteur et les activités portuaires devaient se trouver face à la mer, c'est-à-dire à la pointe ou au nord-ouest de la Gronda dei Lupi.

L'intérêt majeur des études consacrées à *Portus Pisanus* est que les données paléoenvironnementales, archéologiques et textuelles convergent et s'emboîtent, aboutissant à une restitution de l'évolution du paysage analysable sous deux angles de vue : celui, relativement lent et continu, du rythme naturel des migrations du littoral et celui, plus rapide et saccadé, des sociétés humaines exploitant cet environnement. La description de l'environnement portuaire que donne Rutilius Namatianus, au début du V^e s. ap. J.-C., s'accorde par exemple bien avec les conclusions de l'étude de la carotte P1 « Mercurio-Elia ». Le texte, mais aussi les observations archéologiques, apportent des descriptions fines et des jalons chronologiques supplémentaires affinant efficacement le séquençage de l'évolution du milieu, qui peut être ainsi résumée.

L'occupation étrusque du littoral au pied de la Gronda dei Lupi intervient dans un contexte environnemental bien adapté à une installation portuaire : le site se trouve en effet sur les rives d'une lagune encore en bonne communication

avec la mer et profite ainsi, protégé par un cordon littoral, d'un plan d'eau abrité à quelques centaines de mètres seulement du grand large. Le secteur de fouille oriental (« Il Deserto »), où le fond du port des III^e-II^e s. av. J.-C. a été dégagé, se trouve toutefois au cours du I^{er} s. av. J.-C. dans un espace qui n'est déjà plus accessible aux navires. Bien que le processus de fermeture de la lagune de Stagno soit donc engagé à la fin du I^{er} s. ap. J.-C., qui correspond à la période où le nom de *Portus Pisanus* apparaît dans les sources, le plan d'eau devait encore rassembler toutes les qualités requises pour l'établissement d'un port de grande envergure : un bassin abrité des courants et de la houle, suffisamment vaste pour accueillir une flotte de navires marchands ; une profondeur suffisante pour permettre la circulation de bateaux à fort tirant d'eau, un accès à la mer relativement aisé, enfin la présence de communications avec l'arrière-pays, par voies d'eau ou voies terrestres, assurant la diffusion des marchandises vers les centres d'échanges et de consommation. La construction du grand entrepôt et du *mithraeum* témoigne de l'intensité de l'activité dans ce secteur en arrière des berges.

La morphologie littorale et la forme du port au début du V^e siècle sont bien décrites par Rutilius Namatianus. Tout en soulignant l'importance du port pour l'économie de la ville de Pise (l. 531-532), l'auteur est frappé par le singulier aspect de l'endroit (*mira loci facies*), qu'il décrit en ces termes (l. 533-540) : « *les vagues du large le battent directement et la côte découverte est exposée à tous les vents. Nul havre, abrité par des jetées protectrices [brachia tuta], qui puissent repousser les menaces d'Eole. Mais l'algue haute borde l'abîme où elle règne sans aucun danger pour les bateaux, qui la heurtent doucement ; et d'ailleurs, quand les flots se déchaînent, par l'effet du choc, elle les divise en multiples rigoles et empêche que la haute mer ne roule d'énormes lames jusqu'ici.* »³. Le texte présente un milieu qui apparaît si peu favorable à l'implantation d'un port que l'auteur lui-même s'étonne qu'une escale si importante ait pu y être installée. Cela souligne surtout l'ampleur des changements dans la morphologie du littoral en l'espace de quelques siècles. Le tableau que dresse Rutilius semble fait depuis la mer : son navire arrive au large du port et il décrit ce qu'il voit du littoral. Il arrive en vue d'une côte plane, sans distinguer de baie ni d'anse abritée. Un phénomène retient pourtant son attention : la houle et les vagues sont arrêtées avant la côte

3. l. 533-540 :

[...] *Pelago pulsantur aperto*
Inque omnes ventos litora nuda patent
Non ullus tegitur per brachia tuta recessus
Aeolia spossit qui prohibere minas.
Sed procera suo praetexitur alga profundo,
Molliter offensae non nocitura rati ;
Et tamen insanas cedendo interligat undas,
Nec sinit ex alto grande volumen agi.

par un lit de grandes algues (*procera alga*), qui effleurent la coque des navires. Ces différentes observations concordent avec la topographie de la côte : Rutilius Namatianus décrit probablement des barres d'avant côte en voie de formation sous l'eau. Il est normal qu'il ne voie pas de baie, puisque les aménagements portuaires se trouvent derrière les flèches sableuses qui isolent la lagune. Il se trouve en face de la longue plage qui forme la façade maritime du cordon dunaire. D'autres barres sont en formation sous l'eau, probablement plusieurs dizaines de mètres avant la côte, là où est décrit un banc d'algues, qui peut vraisemblablement être interprété comme un herbier de posidonies (Pasquinucci, Rossetti 1988, 140). Les hauts-fonds sableux étaient déjà suffisamment élevés pour affecter la houle et les vagues, mais ils restaient encore assez profonds pour que les navires puissent circuler au-dessus. La marge de tirant d'eau entre le sommet du cordon et les quilles des bateaux n'était cependant pas très importante, puisque les coques frottaient déjà, même si c'était encore sans dommage, contre l'herbier. L'étude des bio-indicateurs et de la granulométrie des dépôts de la carotte P1 confirme enfin que la fermeture de la lagune était en voie d'achèvement entre 550 et 900 ans ap. J.-C. La carotte P1 traduit pour cette période un plan d'eau laguno-estuarien très calme avec une modeste ouverture sur la mer, qui persiste encore. À l'époque où est écrit *De Reditu Suo* (vers 417 ap. J.-C.), la lagune, en cours de comblement, est donc déjà impraticable aux navires de haute mer, et le port – ou une partie du port – est ainsi établi sur le littoral. Ces conditions naturelles peu favorables au maintien d'une activité portuaire, expliquent finalement l'abandon définitif, un siècle après Rutilius Namatianus, de l'occupation du piémont nord et ouest de la Gronda dei Lupi.

Au moins attestée des VII^e-VI^e s. av. J.-C. au V^e-VI^e s. ap. J.-C., la longue durée de l'occupation antique sur la partie sud de la lagune de Stagno et les piémonts des Coline Livornesi mérite d'être soulignée. Ainsi, à l'échelle de l'ensemble du secteur de Livourne et sur le temps long, l'occupation peut être considérée comme pérenne, puisque la zone est occupée sans discontinuité jusqu'à nos jours. L'usage de la zone littorale se modifie toutefois considérablement au fil du temps : à un port installé dans un havre en fond de lagune, vers les IV^e-III^e s. av. J.-C. au plus tard, succède une zone portuaire s'étirant, au haut Empire, dans les légères dentelures du trait de côte, au pied de la Gronda dei Lupi, où le secteur est en eau vive à l'Âge du bronze, correspond à la grève à l'époque hellénistique et se positionne en arrière de la ligne de rivage, qui prograde encore, au début du V^e s. ap. J.-C. À l'époque médiévale et moderne, le front portuaire est complètement relocalisé vers l'ouest et fait face à la mer ligure (Vaccari 2011). La configuration du paysage de *Portus Pisanus*, à la fin de l'époque romaine, s'apparente à un port installé sur la côte, mais protégé par des hauts fonds (Pasquinucci, Mazzanti

1987 ; Pasquinucci 2003 ; Camilli, Gambogi 2005). Cette situation semble acceptée à Pise, mais elle peut aussi être très dangereuse pour la navigation : si les barres d'avant côte sont hautes et mobiles, les passes, instables, sont difficiles à détecter et les naufrages fréquents. C'est le cas de l'embouchure antique du Rhône en Camargue (Landuré, Pasqualini dir. 2004). Comme dans ce dernier exemple, d'ailleurs, l'intérêt des implantations humaines dans les deltas et estuaires très mobiles, situation qui présente des contraintes majeures, ne se limite pas à la recherche d'un débouché portuaire. Le milieu lagunaire lui-même et l'arrière-pays direct présentaient des intérêts économiques suffisants pour justifier le maintien de lieux d'échange, le développement de voies de communication non restreintes à la desserte du port principal, mais aussi de lieux de production. À Livourne, c'est le cas de l'important atelier de potier, dédié à la fabrication d'amphores, de Cà Lo Spelli, à 5 km à l'est de la Gronda dei Lupi (Pasquinucci, Menchelli 2003 ; 2010 ; 2012 ; Menchelli *et al.* 2013).

3. CONCLUSIONS

En définitive, les apports sédimentaires au niveau de base et le volume limité de l'espace d'accueil à remblayer sont les principales contraintes naturelles sur la maintenance d'une activité portuaire à long terme à *Portus Pisanus*.

Sur ce dernier site, comme sur celui de la « Stazione Ferroviaria Pisa-San Rossore », les sociétés antiques ne semblent pas avoir voulu ou avoir pu lutter contre les processus naturels. Témoignant d'un parti-pris assumé, ou bien phénomène subi, le déplacement des installations portuaires suivant l'évolution des lignes de rivage et des bras d'eau est, en tout cas, un constat commun aux deux sites étudiés dans cet article. À l'échelle des sites archéologiques, la succession rapide des aménagements dans le temps donne l'impression que la maîtrise de l'environnement fluvial et fluvio-lagunaire a été un échec. À l'échelle de l'*Ager Pisanus*, la légèreté des constructions, du moins celles au contact de l'eau (quais et pontons), peut être considérée comme une forme efficace d'adaptation au risque et témoigne de son acceptation : peu résistantes mais faciles à reconstruire, elles sont bien appropriées aux fortes contraintes des crues et du colmatage des plans d'eau. Lorsqu'elles disparaissent, d'autres peuvent les remplacer rapidement, et être implantées à l'endroit qui convient le mieux dans le nouvel environnement. Si l'investissement monumental paraît très limité sur les différents sites mis au jour jusqu'à présent, la quantité et la qualité des marchandises montrent cependant qu'il s'agit bien de places d'échange importantes, témoignant de la vitalité économique de Pise et de son territoire. À très grand frais, il aurait été possible, dès l'époque romaine, d'imposer des aménagements stables et immobiles dans

un contexte naturel aussi dynamique. Au moyen d'un déploiement de canaux, de dragues, d'ouvrages de protection contre les crues et les déplacements des lignes de rivage, un grand port monumental aurait éventuellement pu être aménagé et entretenu. C'est le cas, complexe, de *Portus*, à l'embouchure du Tibre. La petite ville antique de Pise n'est cependant pas Rome et les pouvoirs publics, se succédant depuis l'époque étrusque, n'ont probablement jamais eu l'ambition ni les moyens financiers de mener à bien un tel projet.

À l'embouchure du Tibre, les difficultés rencontrées pour maintenir actifs et efficaces les ports antiques successifs montrent aussi que même la mobilisation des meilleures connaissances en ingénierie de leur temps, soutenue par des moyens financiers extraordinaires, n'a pu enrayer longtemps le cours naturel des processus hydro-sédimentaires. Sur le territoire de Pise, c'est donc la solution la plus rationnelle et la plus efficace qui a été adoptée : celle de la mobilité et d'une répartition multipolaire des structures portuaires, où les équipements, comme à « Pisa-San Rossore », restent limités, de manière à ce que leur destruction, vraisemblablement envisagée, ne représente pas des dommages d'un coût trop élevé. La mise en place de ce réseau de ports et d'escales ne découle pas forcément d'une décision concertée des pouvoirs publics. Il semble s'être mis en place beaucoup plus spontanément, mais aussi sur le très long terme, au moins des VII^e-VI^e s. av.

J.-C. jusqu'au haut Moyen Âge. À l'endroit où un besoin de distribution de biens se faisait sentir, quelques installations destinées à permettre l'accès au cours d'eau étaient simplement mises en place, comme à l'Isola di Migliarino (Menchelli, Vaggioli 1987). La question de la navigabilité du réseau était réglée par le choix d'embarcations appropriées, mais aussi par l'aménagement et l'entretien de canaux, permettant de contourner les tronçons naturels impraticables, ou dont le cours s'éloignait trop du point d'arrivée visé. À ce titre, les logiques d'implantation le long des voies d'eau, maritimes ou fluviales, ne diffèrent pas de celles des routes terrestres.

Souhaitons, dans l'avenir, que la découverte d'autres sites portuaires sur le territoire de Pise, ainsi que la reprise de recherches complémentaires sur ceux déjà connus, permettent d'enrichir l'étude des questions soulevées ici.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les programmes ANSER, IUF, ANR PALEOMED, GEOMAR et les projets de coopération MISTRALS-PALEOMEX-ENVIMED GEOISRAEL, A*MIDEX GEOMED, France Campus PHC Utique et Imhotep. Cet article est une contribution au laboratoire d'excellence LABEX OT-Med. C. Morhange remercie L. Stefaniuk pour ses analyses bio-sédimentologiques, P. Pentsch pour la réalisation des figures 3 et 5, ainsi que les relecteurs anonymes de la publication pour une correction précise et constructive de l'article.

BIBLIOGRAPHIE

Articles et ouvrages

- Allinne 2007** : ALLINNE (C.) – Les villes romaines face aux inondations. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1, 2007, 67-84.
- Amorosi et al. 2013** : AMOROSI (A.), BINI (M.), GIACOMELLI (S.), PAPPALARDO (M.), RIBECALDI (C.), ROSSI (V.), SAMMARTINO (I.), SARTI (G.) – Middle to late Holocene environmental evolution of the Pisa coastal plain (Tuscany, Italy) and early human settlements. *Quaternary International*, 303, 2013, 93-106.
- Antony 2009** : ANTHONY (E. J.) – *Shore processes and their palaeoenvironmental applications*. Amsterdam, Elsevier, 2009, 519 p.
- Arnaud-Fassetta et al. 2010** : ARNAUD-FASSETTA (G.), CARCAUD (N.), CASTANET (C.), SALVADOR (P.-G.) – Fluvial palaeo-environments in archaeological context : Geographical position, methodological approach and global change - Hydrological risk issues. *Quaternary International*, 216, 2010, 93-117.
- Ayala 2007** : AYALA (G.) – Lyon. Évolution d'un bord de Saône de l'Antiquité à nos jours : la fouille du parc Saint-Georges, bilan préliminaire. *Revue Archéologique de l'Est*, 56, 2007, 153-185.
- Ayala dir. 2013** : AYALA (G.) dir. – *Lyon Saint-Georges : archéologie, environnement et histoire d'un espace fluvial en bord de Saône*. Paris, Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, 2013, 436 p. (Documents d'archéologie française, 106).
- Barbagli 2005** : BARBAGLI (D.) – Le altre alluvioni. In : CAMILLI (A.), SETARI (E.) dir. – *Le navi antiche di Pisa. Guida Archeologica*. Milan, Electa, 2005, 63.
- Benvenuti et al. 2006** : BENVENUTI (M.), MARIOTTI-LIPPI (M.), PALLECCHI (P.), SAGRI (M.) – Late-Holocene catastrophic floods in the terminal Arno River (Pisa, Central Italy) from the story of a Roman riverine harbour. *The Holocene*, 16 (6), 2006, 863-876.
- Bini et al. 2008** : BINI (M.), CASAROSA (N.), RIBOLINI (A.) – L'evoluzione diacronica della linea di riva del litorale pisano (1938-2004) sulla base del confronto di immagini aeree georeferenziate. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie Serie A*, 113, 2008, 1-12.

- Brückner et al. 2002** : BRÜCKNER (H.), MÜLLENHOFF (M.), HANDL (M.), VAN DER BORG (K.) – Holocene Landscape Evolution of the Büyük Menderes Alluvial Plain in the Environs of Myous and Priene (Western Anatolia, Turkey). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 127, 2002, 47-65.
- Brückner et al. 2005** : BRÜCKNER (H.), VÖTT (A.), SCHRIEVER (A.), HANDL (M.) – Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean, case studies in their historical context. *Méditerranée*, 104, 2005, 95-106.
- Brückner et al. 2006** : BRÜCKNER (H.), MÜLLENHOFF (M.), GEHRELS (R.), HERDA (A.), KNIPPING (M.), VÖTT (A.) – From archipelago to floodplain – geographical and ecological changes in *Miletus* and its environs during the past six millennia (Western Anatolia, Turkey). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 142, 2006, 63-83.
- Bruni dir. 2000** : BRUNI (S.) dir. – *Le navi antiche di Pisa/The ancient ships of Pisa : ad un anno dall'inizio delle ricerche/after a year of work*. Florence, Polistampa, 2000, 383 p.
- Bruni dir. 2001** : BRUNI (S.) dir. – *Ad Gradus Arnenses. Il distretto della foce del ramo settentrionale del delta dell'Arno in età antica*. In : PAGLIALUNGA (S.) coord. – *Tombolo. Territorio della basilica di San Piero a Grado*. Pise, Felici Editore, 2003, 83-99.
- Bruni 2003a** : BRUNI (S.) – L'area di San Piero a Grado prima della costruzione della basilica. Ipotesi in forma di appunti sui dati archeologici. In : CECCARELLI-LEMUT (M.-L.), SODI (S.) dir. – *Nel segno di Pietro. La basilica di San Piero a Grado da luogo della prima evangelizzazione a meta di pellegrinaggio medievale*. Pise, Felici Editore, 2003, 81-98.
- Bruni 2003b** : BRUNI (S.) – « *Pisa etrusca et loca et flumina* »... *sed etiam maria*. Appunti sulla vicenda di Pisa etrusca. In : TANGHERONI (M.) dir. – *Pisa e il Mediterraneo*. Catalogue de l'exposition de Pise (Arsenaux Medicis, 13 septembre-9 décembre 2003). Milan, Skira Editore, 2003, 45-55.
- Bruni 2009** : BRUNI (S.) – Entre l'Arno, l'Auser et la mer Tyrrhénienne : Pise étrusque et romaine et son système portuaire. In : DUMASY-MATHIEU (F.), QUEYREL (M.) dir. – *Archéologie et environnement dans la Méditerranée antique*. Genève, Droz, 2009, 107-120 (École pratique des hautes études, Sciences historiques et philologiques, III ; Hautes études du monde gréco-romain, 42).
- Camilli 2002** : CAMILLI (A.) – The site of the Urban port of *Pisae*. The situation. In : COLOMBINI (M. P.), GIACHI (G.), MODUGNO (F.), RIBECHINI (E.) – *The Ancient ships of Pisa. A European Laboratory for Research and Preservation*. Mayence, Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz, 2002, 11-16.
- Camilli 2004a** : CAMILLI (A.) – Le strutture «portuali» dello scavo di Pisa-San Rossore. In : GALLINAZEVI (A.), TURCHETTI (R.) dir. – *Le strutture dei porti e degli approdi antichi*. Actes du 2nd séminaire du programme ANSER INTERREG III B Medocc « El patrimonio arqueológico submarino y los puertos antiguos » (Rome-Ostie, 16-17avril 2004). Soveria Manelli, Rubbettino, 2004, 67-87.
- Camilli 2004b** : CAMILLI (A.) – Il cantiere delle navi antiche di Pisa : note sull'ambiente e sulla periodizzazione del deposito. *Archaeologia Maritima Mediterranea. An international Journal on Underwater Archaeology*, 1, 2004, 53-75.
- Camilli 2005** : CAMILLI (A.) – Il sistema portuale pisano. In : CAMILLI (A.), SETARI (E.) dir. 2005 – *Le navi antiche di Pisa. Guida Archeologica*. Milan, Electa, 2005, 26.
- Camilli, Gambogi 2005** : CAMILLI (A.), GAMBOGI (P.) – Porti e approdi della costa toscana. In : URTEAGA ARTIGAS (M.), NOAIN MAURA (M. J.) dir. – *Mar exterior. Actes du congrès international « El Occidente atlántico en época romana »* (Pise, Santa Croce in Fossabanda, 6-9 novembre 2003). Rome, Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma-CSIC, 2005, 123-145.
- Camilli, Setari dir. 2005** : CAMILLI (A.), SETARI (E.) dir. – *Le navi antiche di Pisa. Guida Archeologica*. Milan, Electa, 2005, 91 p.
- Carmona, Ruiz 2009** : CARMONA (P.), RUIZ (J. M.) – Geomorphological evolution of the River Loukkos estuary around the Phoenician city of *Lixus* on the Atlantic Littoral of Morocco. *Geoarchaeology*, 24 (6), 2009, 821-845.
- Carmona, Ruiz 2011** : CARMONA (P.), RUIZ (J. M.) – Historical morphogenesis of the Turia River coastal flood plain in the Mediterranean littoral of Spain. *Catena*, 86, 2001, 139-149.
- Ceccarelli Lemut 2011** : CECCARELLI LEMUT (M. L.) – Il sistema portuale pisano e i porti minori della Toscana nel medioevo. In : CECCARELLI LEMUT (M. L.), GARZELLA (G.), VACCARI (O.) dir. – *I sistemi portuali della Toscana mediterranea. Infrastrutture, scambi, economie dall' antichità a oggi*. Pise, Pacini, 2011, 117-132.
- Dalrymple et al. 2012** : DALRYMPLE (R. W.), MACKAY (D. A.), ICHASO (A. A.), CHOI (K. S.) – Processes, Morphodynamics, and Facies of Tide-Dominated Estuaries. In : DAVIS (R. A.), DALRYMPLE (R. W.) dir. – *Principles of Tidal Sedimentology*. Dordrecht, Springer, 2012, 79-107.
- Ducci 2009** : DUCCI (S.) – *Portus Pisanus. Torna alla luce l'antica vocazione marinara di Livorno*. Article en ligne sur le site internet de la commune de Livourne : http://www.comune.livorno.it/_livo/uploads/PortusPisanusCN68.pdf
- Ducci et al. 2005** : DUCCI (S.), GENOVESI (S.), MENCHELLI (S.), PASQUINUCCI (M.) – La scoperta di *Portus Pisanus*. In : MARCUCCI (C.), MEGALE (C.) dir. – *Rete Archeologica. Provincia di Livorno. Valorizzazione e ricerche*. Actes du colloque de Livourne (2004). Pise, Pacini, 2005, 29-44.
- Ducci et al. 2008** : DUCCI (S.), GENOVESI (S.), MENCHELLI (S.), PICCHI (G.) – Nuovi dati dagli scavi in località « Il Deserto » (2004-2007). Le più antiche fasi di frequentazione dell'area di *Portus Pisanus* (VII-V secolo a.C.). In : FIRMATI (M.) dir. – *Coste e mari della Toscana*. Actes du colloque de Livourne (2007). Pise, Pacini, 2008, 43-63.
- Ducci et al. 2011** : DUCCI (S.), PASQUINUCCI (M.), GENOVESI (S.) – *Portus Pisanus* nella tarda età imperiale (III-VI sec. d.C.) : nuovo dati archeologici e fonti scritte a confronto. In :

- CECCARELLI LEMUT (M. L.), GARZELLA (G.), VACCARI (O.) dir. – *I sistema portuali della Toscana mediterranea. Infrastrutture, scambi, economie dall' antichità a oggi*. Pise, Pacini, 2011, 29-56.
- Goddio 2007** : GODDIO (F.) – *The topography and excavation of Heracleion-Thonis and East Canopus (1996-2006)*. Oxford, University of Oxford, Institute of Archaeology, 2007, 136 p.
- Goiran et al. 2014** : GOIRAN (J.-P.), SALOMON (F.), MAZZINI (I.), BRAVARD (J.-P.), PLEUGER (E.), VITTORI (C.), BOETTO (G.), CHRISTIANSEN (J.), ARNAUD (P.), PELLEGRINO (A.), PEPE (C.), SADORI (L.) – Geoarchaeology confirms location of the ancient harbour basin of Ostia (Italy). *Journal of Archaeological Science*, 41, 2014, 389-398.
- Kraft et al. 2003** : KRAFT (J. C.), RAPP (G.), KAYAN (I.), LUCE (J. V.) – Harbor areas at ancient Troy : Sedimentology and geomorphology complement Homer's Iliad. *Geology*, 31 (2), 2003, 163-166.
- Kraft et al. 2007** : KRAFT (J. C.), BRÜCKNER (H.), KAYAN (I.), ENGELMANN (H.) – The geographies of ancient Ephesus and the Artemision in Anatolia. *Geoarchaeology*, 22 (1), 2007, 121-149.
- Landuré, Pasqualini dir. 2004** : LANDURÉ (C.), PASQUALINI (M.) dir. – *Delta du Rhône. Camargue antique et médiévale*. Aix-en-Provence, Association Provence Archéologie, 2004, 334 p. (Bulletin Archéologique de Provence, Suppl. 2).
- Leveau 2012** : LEVEAU (P.) – Attraites et risques de l'eau dans les sociétés antiques. Retour critique sur la problématique du risque fluvial. In : BOST (J.-P.) dir. – *L'eau : usages, risques et représentations dans le Sud-Ouest de la Gaule et le Nord de la péninsule Ibérique, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive (II^e s. a.C.-VI^e s. p.C.)*. Actes du colloque international de la Fédération Aquitania (Dax, 25-26 septembre 2009). Pessac, Fédération Aquitania, 2012, 26-48 (Aquitania, Suppl. 21).
- Lugland 1926** : LUGLAND (R.) – Note sur l'itinéraire maritime de Rome à Arles. *Mélanges de l'Ecole Française de Rome*, 43, 1926, 124-139.
- Marriner et al. 2010** : MARRINER (N.), MORHANGE (C.), SKRIMSHIRE (S.) – Geoscience meets the four horsemen ? Tracking the rise of neocatastrophism. *Global and Planetary Change*, 74, 2010, 43-48.
- Marriner et al. 2012** : MARRINER (N.), GAMBIN (T.), DJAMALI (M.), MORHANGE (C.), SPITERI (M.) – Geoarchaeology of the Burmarrad ria and early Holocene human impacts in western Malta. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 339-341, 2012, 52-65.
- Mariotti-Lippi et al. 2007** : MARIOTTI-LIPPI (M.), BELLINI (C.), TRINCI (C.), BENVENUTI (M.), PASQUINO (P.), SAGRI (M.) – Pollen analysis of the ship site of Pisa San Rossore, Tuscany, Italy : the implications for catastrophic hydrological events and climatic change during the late Holocene. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, 2007, 453-465.
- Mazzanti 1994** : MAZZANTI (R.) dir. – *La pianura di Pisa e i rilievi contermini : la nature e la storia*. Roma, Società geografica italiana, 1994 (Memorie della Società Geografica Italiana, 50).
- Menchelli, Vaggioli 1987** : MENCHELLI (S.), VAGGIOLI (M.) – Ricerche archeologico-topografiche nell'ager Pisanus settentrionale : il sito costiero di Isola di Migliarino. *Studi Classici e Orientali*, 37, 1987, 495-520.
- Menchelli et al. 2013** : MENCHELLI (S.), CAPELLI (C.), PASQUINUCCI (M.), PICCHI (G.), CABELLA (R.), PIAZZA (M.) – Nuove scoperte d'ateliers di anfore repubblicane nell'Etruria settentrionale costiera. In : OLMER (F.) dir. – *Itinéraires des vins romains en Gaule (III^e-I^{er} s. av. J.-C.)*. Confrontation de faciès. Actes du colloque européen organisé par l'UMR 5140 du CNRS (Lattes, 30 janvier-2 février 2007). Lattes, Publication de l'UMR 5140 « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », 471-478 (MAM, hors-série 5).
- Miossec dir. 2012** : MIOSSEC (A.) dir. – *Dictionnaire de la mer et des côtes*. Rennes, PUR, 2012, 550 p.
- Morhange, Marriner 2010** : MORHANGE (C.), MARRINER (N.) – Palaeo-hazards in the coastal Mediterranean : a geoarchaeological approach. In : MARTINI (I. P.), CHESWORTH (W.) dir. – *Landscapes and Societies*. Dordrecht, Springer, 2010, 223-234.
- Morhange et al. 2015** : MORHANGE (C.), MARRINER (N.), BLOT (M.-L.), BARALIS (A.), BONY (G.) et al. – Dynamiques géomorphologiques et typologie géoarchéologique des ports antiques en contextes lagunaires. *Quaternaire*, 26 (2), 2015, 117-139.
- Neppi Modona 1956** : NEPPI MODONA (A.) – *Carta archeologica, foglio 104 (Pisa)*. Florence, Istituto Geografico Militare, 1956 (Edizione archeologica della carta d'Italia al 100 000, foglio 104).
- Pasquinucci 1994** : PASQUINUCCI (M.) – Il popolamento dall'età del ferro al tardo antico. In : MAZZANTI (R.) dir. – *La pianura di Pisa e i rilievi contermini : la nature e la storia*. Roma, Società geografica italiana, 1994, 183-204 (Memorie della Società Geografica Italiana, 50).
- Pasquinucci 2003** : PASQUINUCCI (M.) – Pisa e i suoi porti in età etrusca e romana. In : TANGHERONI (M.) dir. – *Pisa e il Mediterraneo. Uomini, merci, idee dagli Etruschi ai Medici*. Catalogue de l'exposition de Pise (Arsenaux Medici, 13 septembre-9 décembre 2003). Milan, Skira Editore, 93-98.
- Pasquinucci 2004** : PASQUINUCCI (M.) – Paleografia costiera, porti e approdi in Toscana. In : DE MARIA (L.), TURCHETTI (R.) dir. – *Evolución paleoambiental de los puertos y fundadores antiguos en el Mediterráneo occidental*. Actes du 1^{er} séminaire du programme ANSER INTERREG III B Medocc « El patrimonio arqueológico submarino y los puertos antiguos » (Alicante, 14-15 novembre 2003). Soveria Manelli, Rubbettino, 2004, 61-86.
- Pasquinucci 2007** : PASQUINUCCI (M.) – I porti di Pisa e di Volterra. Breve nota a Strabone 5.2.5 222C. *Athenaeum*, 95, 2007, 677-684.

- Pasquinucci 2008** : PASQUINUCCI (M.) – Water Management practices and risk management in North Etruria (Archaic period to Late Antiquity) : a few remarks. *In* : HERMON (E.) dir. – *Vers une gestion intégrée de l'eau dans l'histoire environnementale : savoirs traditionnels et pratiques modernes*. Rome, L'Erma di Bretschneider, 2008, 147-156.
- Pasquinucci, Mazzanti 1985** : PASQUINUCCI (M.), MAZZANTI (R.) – Le fonti storiche nello studio delle aree costiere. Tipi di fonti e metodi di indagine. *In* : PRANZINI (E.) dir. – *La gestione delle aree costiere*. Rome, Edizioni delle Autonomie, 172-192.
- Pasquinucci, Mazzanti 1987** : PASQUINUCCI (M.), MAZZANTI (R.) – La costa tirrenica da *Luni* a *Portus Cosanus*. *In* : *Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée*. Colloques internationaux du CNRS. Paris, Éd. du CNRS, 1987, 95-106.
- Pasquinucci, Menchelli 2003** : PASQUINUCCI (M.), MENCHELLI (S.) – Porti, approdi e dinamiche commerciali nell'ager *Pisanus* en nella valle dell'Arno (III sec a.c.-IV sec d.c.). *In* : BERLANGA (G. P.), PÉREZ BALLESTER (J.) coord. – *Puertos fluviales antiguos : ciudad, desarrollo e infraestructuras*. Actes des Jornadas Internacionales de Aqueología Subacuática (avril 2001, Valence). Valence, Universitat de València, Facultat de Geografia i Historia, 2003, 237-250.
- Pasquinucci, Menchelli 2010** : PASQUINUCCI (M.), MENCHELLI (S.) – Il sistema portuale di Pisa : dinamiche costiere, import-export, interazioni economiche e culturali (VII sec. a.C.-I sec. d.C.). *In* : *Meetings between Cultures in the Ancient Mediterranean*. XVII International Congress of Classical Archaeology (Rome, 2008), Session : « Infrastrutture della navigazione e dei commerce nel Mediterraneo (età arcaica-I sec. d.C.) : topografia dei litorali e dinamiche storico-economiche ». *Bollettino di Archeologia OnLine*, I, 2010.
- Pasquinucci, Menchelli 2012** : PASQUINUCCI (M.), MENCHELLI (S.) – Landscape transformations in North Coastal Etruria. *In* : KLUIVING (S. J.), GUTTMANN-BOND (E. B.) dir. – *Landscape Archaeology between Art and Science. From a Multi- to an Interdisciplinary Approach*. Amsterdam, Amsterdam University Press, 179-196.
- Pasquinucci, Rossetti 1988** : PASQUINUCCI (M.), ROSSETTI (G.) – The Harbour Infrastructure at Pisa and Porto Pisano from Ancient Times until the Middle Age. *In* : *Archaeology of Coastal Changes. Cities on the Sea-Past and Present*. Oxford, British Archaeological Reports, 1988, 137-155 (BAR International Series, 404).
- Pasquinucci et al. 2001** : PASQUINUCCI (M.), MENCHELLI (S.), MARCHISIO (M.), MAZZANTI (R.), D'ONOFRIO (L.) – Coastal Archaeology in North Etruria. Geomorphologic, archaeological, archive, magnetometric and geoelectrical researches. *Revue d'Archéométrie*, 25, 2001, 187-201.
- Pasquinucci et al. 2012** : PASQUINUCCI (M.), DUCCI (S.), MENCHELLI (S.), RIBOLINI (A.), BIANCHI (A.), BINI (M.), SARTINI (S.) – Ground Penetrating Radar Survey of Urban Sites in North Coastal Etruria : *Pisae, Portus Pisanus, Vada Volaterrana*. *In* : VERMEULEN (F.), BURGERS (G.-J.), KEAY (S.), CORSI (C.) – *Urban Landscape Survey in Italy and the Mediterranean*. Oxford, Oxbow Books, 2012, 149-159.
- Raban 1987** : RABAN (A.) – Alternated River Courses During the Bronze Age along the Israel Coastline. *In* : PASKOFF (R.), TROUSSET (P.) dir. – *Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée d'après les données de l'archéologie*. Paris, Éd. du CNRS, 173-189.
- Remotti 2005** : REMOTTI (E.) – La formazione del deposito : le alluvioni. *In* : CAMILLI (A.), SETARI (E.) dir. – *Le navi antiche di Pisa. Guida Archeologica*. Milan, Electa, 2005, 30-31.
- Rossi et al. 2011** : ROSSI (V.), AMOROSI (A.), SARTI (G.), POTENZA (M.) – Influence of inherited topography on the Holocene sedimentary evolution of coastal systems : an example from Arno coastal plain (Tuscany, Italy). *Geomorphology*, 135 (1-2), 2011, 117-128.
- Rossi et al. 2012** : ROSSI (V.), AMOROSI (A.), SARTI (G.), ROMAGNOLI (R.) – New stratigraphic evidence for the mid-late Holocene fluvial evolution of the Arno coastal plain (Tuscany, Italy). *Géomorphologie*, 2, 2012, 201-214.
- Sanchez et al. 2014** : SANCHEZ (C.), FAÏSSE (C.), JÉZÉGOU (M.-P.), MATHÉ (V.) – Le système portuaire de Narbonne antique : approche géoarchéologique. *In* : MERCURI (L.), GONZÁLEZ VILLAESCUSA (R.), BERTONCELLO (F.) dir. – *Implantations humaines en milieu littoral Méditerranéen : facteurs d'installation et processus d'appropriation de l'espace, de la Préhistoire au Moyen Âge*. Actes des XXXIV^e Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes. Antibes, APDCA, 2014, 125-136.
- Sarti et al. 2010** : SARTI (G.), BINI (M.), GIACOMELLI (S.) – The growth and decline of Pisa (Tuscany, Italy) up to the Middle Ages : Correlations with Landscape and Geology. *Il Quaternario*, 23 (2bis), 2010, 311-322.
- Schmiedt 1970** : SCHMIEDT (G.) dir. – *Atlante aerografico delle sedi umane in Italia*. Vol. II. *Le sedi antiche scomparse*. Florence, Istituto Geografico Militare, 1964-1970.
- Stanley, Warne 1994** : STANLEY (J. D.), WARNE (A. G.) – World wide initiation of Holocene marine deltas by develeation of sea-level rise. *Science*, 265, 1994, 228-231.
- Stanley et al. 2004** : STANLEY (J. D.), GODDIO (F.), JORSTAD (T. F.), SCHNEPP (G.) – Submergence of Ancient Greek Cities off Egypt's Nile Delta. *GSA Today*, 14 (1), 2004, 4-10.
- Stanley et al. 2007** : STANLEY (J. D.), BANDELLI (A.), BERNASCONI (M. P.), JORSTAD (T.), MELIS (R.), PUGLIESE (N.), SCHNEPP (G.), WARNE (A. G.) – *Underwater Archaeology in the Canopic Region in Egypt : Geoarchaeology*. Oxford, Oxford Centre for Maritime Archaeology, 2007, 128 p. (Oxford Centre for Maritime Archaeology Monograph, 2).
- Stewart, Morhange 2009** : STEWART (I.), MORHANGE (C.) – Coastal geomorphology and sea-level change. *In* :

WOODWARD (J.) dir. – *The physical geography of the Mediterranean*. Oxford, Oxford University Press, 2009, 385-413.

Stock et al. 2013 : STOCK (F.), PINT (A.), HOREJS (B.), LADSTÄTTER (S.), BRÜCKNER (H.) – In search for the harbours : New evidence of Late Roman and Byzantine harbours of Ephesus. *Quaternary International*, 312, 2013, 57-69.

Stock et al. 2014 : STOCK (F.), KERSCHNER (M.), KRAFT (J. C.), PINT (A.), FRENZEL (P.), BRÜCKNER (H.) – The palaeogeographies of *Ephesos* (Turkey), its harbours, and the *Artemision* – a geoarchaeological reconstruction for the timespan 1500-300 BC. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 58 (2), 2014, 33-66.

Toussoun 1934 : TOUSSOUN (O.) – Les ruines sous-marines de la baie d'Aboukir. *Bulletin de la Société Royale d'Archéologie d'Alexandrie*, 29, 1934, 342-352.

Vaccari 2011 : VACCARI (O.) – Infrastrutture e regolamenti del porto di Livorno dal medioevo alla prima età moderna. In : CECCARELLI LEMUT (M. L.), GARZELLA (G.), VACCARI (O.) dir. – *I sistema portuali della Toscana mediterranea*.

Infrastrutture. scambi, economie dall' antichità a oggi. Pise, Pacini, 2011, 183-208.

Sources anciennes

Cicéron : *Correspondance*. Tome II : Lettres LVI-CXXI. *Ad Quintum Fratrem*. Texte établi et traduit par L.-A. Constans. Paris, Les Belles Lettres, 1935, 320 p. (coll. des Universités de France).

Claude Ptolémée : *Géographie*. Livres I-III. Texte établi par K. F. A. Nobbe. Hildesheim-Zürich-New-York, Georg Olms Verlag, 1990, 284 p.

Itinerarium Maritimum : *Itinerarium Antonini Augusti et Hierosolymitanum, ex libris manuscriptis ediderunt* M. Pinder et G. Parthey. Berolini, Éd. F. Nicolai, 1848, 403 p.

Rutilius Claudius Namatianus : *De Reditu Suo*. Texte établi et traduit par J. et F. Préchac. Paris, Les Belles Lettres, 1961, 50 p. (coll. des Universités de France).

Strabon : *Géographie*. Tome III : Livres V et VI (Italie-Sicile). Texte établi et traduit par F. Lasserre. Paris, Les Belles Lettres, 1967, 275 p. (coll. des Universités de France).