

Géoarchéologie du port grec d'Empuriès Un port ouvert ou fermé?

Geoarchaeology of Empuriès' ancient harbour (Spain): a closed or open harbour?

Guénaëlle BONY

Université d'Aix-Marseille
CEREGE

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
BP 80, 13080 Aix-en-Provence
bony@cerege.fr

Christophe MORHANGE

Université d'Aix-Marseille
CEREGE

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
BP 80, 13080 Aix-en-Provence
morhange@cerege.fr

Nick MARRINER

CNRS
CEREGE

Europôle Méditerranéen de l'Arbois
BP 80, 13080 Aix-en-Provence
marriner@cerege.fr

Xavier NIETO

Museo nacional de Arqueologia
Cartagena

xaviernieto@auna.com
xavier.nieto@mcu.es

La cité antique d'Empuriès, située sur la marge sud de la plaine deltaïque des fleuves Fluvia et Muga, dans le golfe de Rosas (Catalogne), a fait l'objet de nombreuses fouilles archéologiques depuis plus d'un siècle. Trois villes antiques ont été découvertes ainsi que plusieurs zones portuaires dont l'une d'elles auraient servi aux colons grecs. Une campagne de carottages a été organisée afin de tester la localisation du port grec d'Empuriès, de comprendre l'évolution de la plaine deltaïque et son incidence sur le colmatage du port. Nous présentons ici les résultats concernant le « port grec ». L'analyse sédimentologique d'une carotte a permis de caractériser l'environnement du bassin qui s'apparentait à un milieu côtier plutôt battu. Ces données sédimentologiques ont ensuite été comparées à des données géoélectriques. Les résultats obtenus soulignent trois problèmes majeurs concernant la fonctionnalité du port : l'accessibilité délicate, le mode battu de son environnement ainsi que la faiblesse de sa hauteur d'eau. On peut donc émettre de sérieuses réserves quand à l'utilisation du « port grec » comme bassin protégé. Il s'agissait beaucoup plus d'un port ouvert sous la forme d'une plage de poche.

Mots-clés : géoarchéologie, port antique, Catalogne, Ampurias, sédimentologie, géoélectricité

The ancient city of Empuriès, located on the distal margin of the rivers Fluvia and Muga in the Gulf of Rosas (Catalunya), has undergone many archaeological excavations. Three Greco-Roman urban sites and a harbour area have been excavated. In December 2007, a coring campaign was organized to (i) precisely locate the "Greek Harbour", and (ii) understand the Holocene evolution of the deltaic plain and its influence on the infilling of Empuriès' Greek harbour. In this paper, we present results concerning the Greek harbour. Sedimentological analyzes of a core taken inside the speculated Greek harbour have allowed us to characterize its environmental evolution. We show that it constituted an exposed shoreline. These results are discussed within the context of geoelectric data. The results underline three problems concerning the functionality of the harbour basin: (i) difficult access; (ii) an exposed environment; and (iii) a shallow draught depth. This calls into question the idea of a protected Greek harbour. Instead, we suggest that Empuriès' Greek harbour comprised an exposed pocket beach.

Keywords: geoarchaeology, ancient harbour, Catalonia, Ampurias, sedimentology, geoelectricity

Empuriès (Ampurias en castillan) est une cité antique typiquement méditerranéenne. Elle conserve de nombreuses traces de son passé de colonie gréco-romaine. Située dans le golfe de Rosas (fig. 1), sur un littoral sableux entouré de petits promontoires rocheux, la cité d'Empuriès a tôt fait de devenir une place commerciale importante de l'Antiquité (MARCET et SANMARTÍ, 1990). Les ruines de cette cité forment, au bord de la mer, un ensemble imposant. Les fouilles, débutées en 1908, ont mis en évidence de nombreux secteurs archéologiques dont l'un correspondrait à la zone portuaire grecque (AQUILUÉ *et al.*, 2001). De nombreuses publications (BOTET, 1879 ; NIETO et RAURICH, 1998) décrivent cette zone comme un bassin portuaire, relativement protégé par le promontoire de Sant Marti (*Palaiapolis*) et qui aurait abrité les navires. Des profils de résistivité électrique (NIETO *et al.*, 2005) ont montré la présence du substrat rocheux à une profondeur de 2 m sous le niveau de sol, sur une superficie considérable. Quelles sont donc les dynamiques qui caractérisent ce milieu ? Cette zone était-elle vraiment favorable à l'installation d'un port protégé ? Le principal objectif de notre étude est donc de caractériser cette zone grâce à l'analyse sédimentologique haute résolution d'une carotte. Ces résultats seront ensuite comparés aux profils de résistivité électrique qui ont permis de préciser la géométrie de cet espace (NIETO *et al.*, 2005).

I - Contexte géomorphologique et historique

I.1 - Unités morphologiques de la plaine de Rosas

La région du Haut-Ampurdan est un bassin tectonique du Néogène. Ce bassin est délimité au nord par une partie des Pyrénées Empuritaïnes et au sud par le massif de Montgri (BACH, 2005 ; figure 1). Il s'ouvre à l'est sur la Méditerranée formant, ainsi, le golfe de Rosas (MARQUÈS et JULIA, 1982). La plaine littorale est caractérisée par le développement d'une zone deltaïque dû aux apports sédimentaires du Fluvia (bassin-versant de 1 124 km²) et du Muga (bassin-versant de 854 km²). Ces deux deltas remblaient une ancienne ria holocène. En effet, cette formation deltaïque s'étend sur environ 100 km² et présente de nos jours un trait de côte meuble et rectiligne de 16 km de long, limité au nord par le Cap Creus et au sud par le massif de Montgri et la cité antique d'Empuriès (MARQUÈS et JULIA, 1982 et 2005 ; fig. 1).

À une échelle plus précise, la plaine de Rosas est caractérisée par différentes unités géomorphologiques. Un talus métrique sépare les sédiments pléistocènes (principalement des formations de piémont ou des terrasses) des formations deltaïques Holocène en contrebas. Les sédiments holocène correspondent à trois milieux bien distincts : des lobes



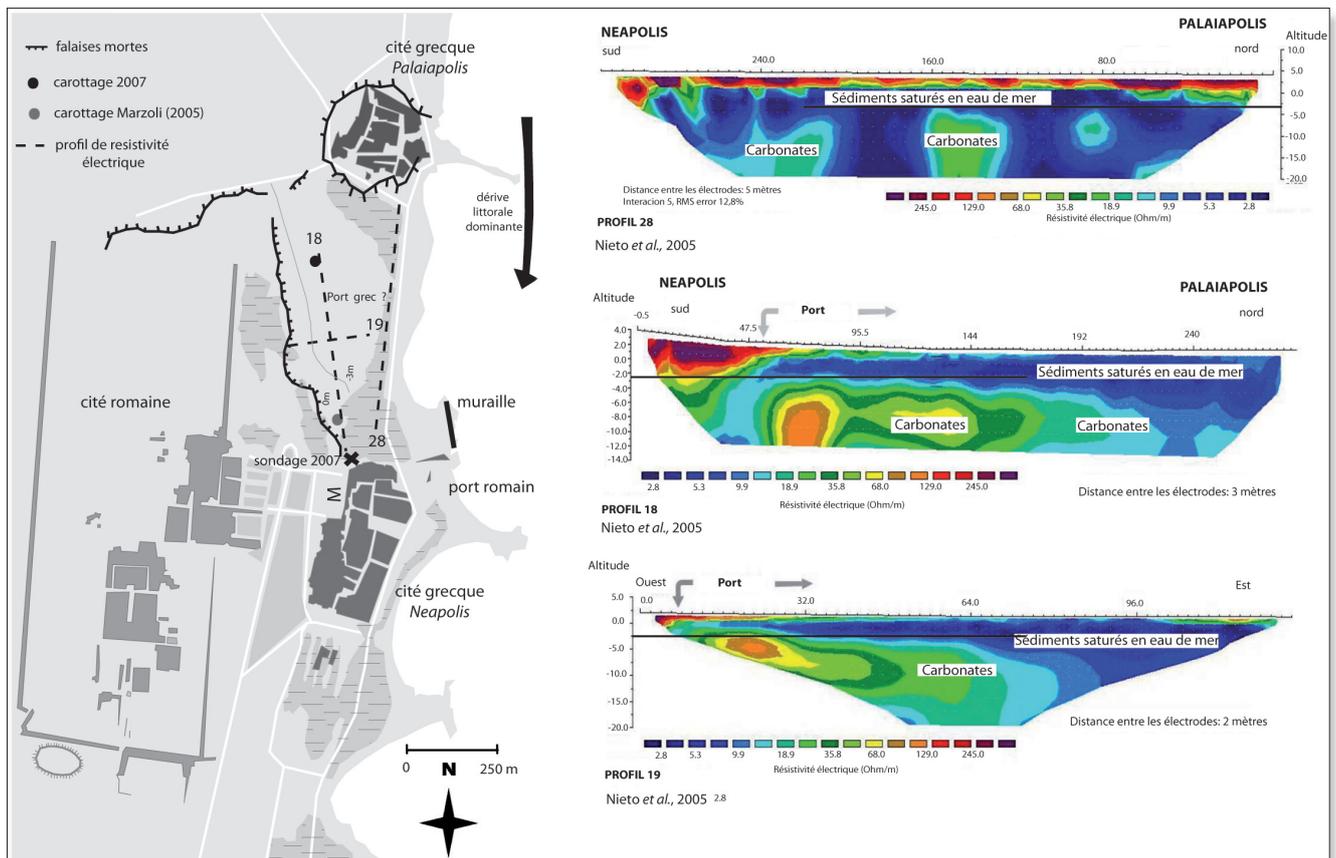


Fig. 2 - Schéma de l'organisation urbaine de la cité d'Empuriès; localisation de la zone du « port grec »; profils de résistivité électrique (NIETO *et al.*, 2005) et carte de localisation de ces profils. – Cartographie: Bony et Revil

deltaïques, des lagunes et des cordons littoraux (fig. 1; BACH, 1986). La dérive littorale dominante, orientée vers le sud-ouest, favorise la formation de flèches sableuses. Des zones lagunaires se forment en arrière de ces cordons et évoluent progressivement en marais par colmatage sédimentaire (MARQUÈS et JULIA, 1987). La formation d'un littoral sableux progradant dans le golfe de Rosas est donc liée à la présence des fleuves Muga et Fluvia qui engraisent la côte, ceci depuis 6 000 BP (RAMBAUD, 2005). La dérive littorale dominante entraîne une accumulation sédimentaire préférentielle au sud du golfe (MARQUÈS et JULIA, 2005). La vitesse de progradation du trait de côte a été estimée à environ 7 cm/an depuis 1 500 ans (RAMBAUD, 2005).

1.2 - Empuriès, cité gréco-romaine

Lorsque les premiers navigateurs phocéens débarquèrent vers 600 av. J.-C., ils fondèrent un comptoir grec, *Palaiapolis* (fig. 2; MARCET et SANMARTÍ, 1990; AQUILÉ *et al.*, 2001; MARZOLI, 2005). Vers 550 av. J.-C., les Phocéens, confrontés au manque d'espace, s'établirent plus au sud à *Neapolis*. C'est au début du 1^{er} siècle av. J.-C. que fut établie, sur le plateau le plus élevé d'Empuriès, la ville romaine (fig. 2). À l'échelle du site archéologique, plusieurs reliefs dominaient la vaste plaine littorale et abritaient les foyers de peuplements ibères puis coloniaux. Ces replats, sur lesquels les villes grecques et romaines ont été fondées, correspondent aux affleurements septentrionaux du massif calcaire du Montgri, (MARCET et SANMARTÍ, 1990; AQUILÉ *et al.*, 2001). Entre eux, la côte formait une petite baie naturelle qui semble avoir pu abriter le port initial de la colonie grecque (MARCET et SANMARTÍ, 1990; AQUILÉ *et al.*, 2001).

2 - État de la question concernant le « port grec »

2.1 - Localisation du « port grec »

La zone du « port grec » est située entre deux promontoires rocheux, *Palaiapolis* (au nord) et *Neapolis* (au sud). Elle est délimitée à l'ouest par un affleurement de calcaire miocène situé au pied de la cité romaine qui correspond à une falaise morte (fig. 2) à 250 m du trait de côte actuel. Cette surface plane et colmatée est localisée en marge sud d'une zone deltaïque et abritée des crues du Fluvia par le promontoire de *Palaiapolis*. La morphologie de cette zone ainsi que sa proximité avec les sites d'occupation grecque a permis à de nombreux auteurs d'émettre l'hypothèse que cette zone correspondait au port grec (MARCET et SANMARTÍ, 1990; NIETO et RAURICH, 1998; AQUILÉ *et al.*, 2001). De plus, l'étude d'une carotte sédimentaire du « port grec », par BLECH et MARZOLI en 2005, a permis d'obtenir des résultats préliminaires sur la dynamique de colmatage sédimentaire de ce bassin. En effet, ces premières données présentent une unité plus grossière entre 5,20 m et 5 m, puis une unité sableuse entre 5 m et 1,50m et enfin une unité limoneuse à partir de 1,20 m.

2.2 - Absence de vestiges archéologiques portuaires de l'époque grecque

À ce jour aucun vestige archéologique prouvant l'aménagement d'une zone portuaire d'époque grecque n'a été retrouvé. Un mur (Muscleres Grosses) daté de l'époque romaine a été découvert sur le littoral (fig. 2).



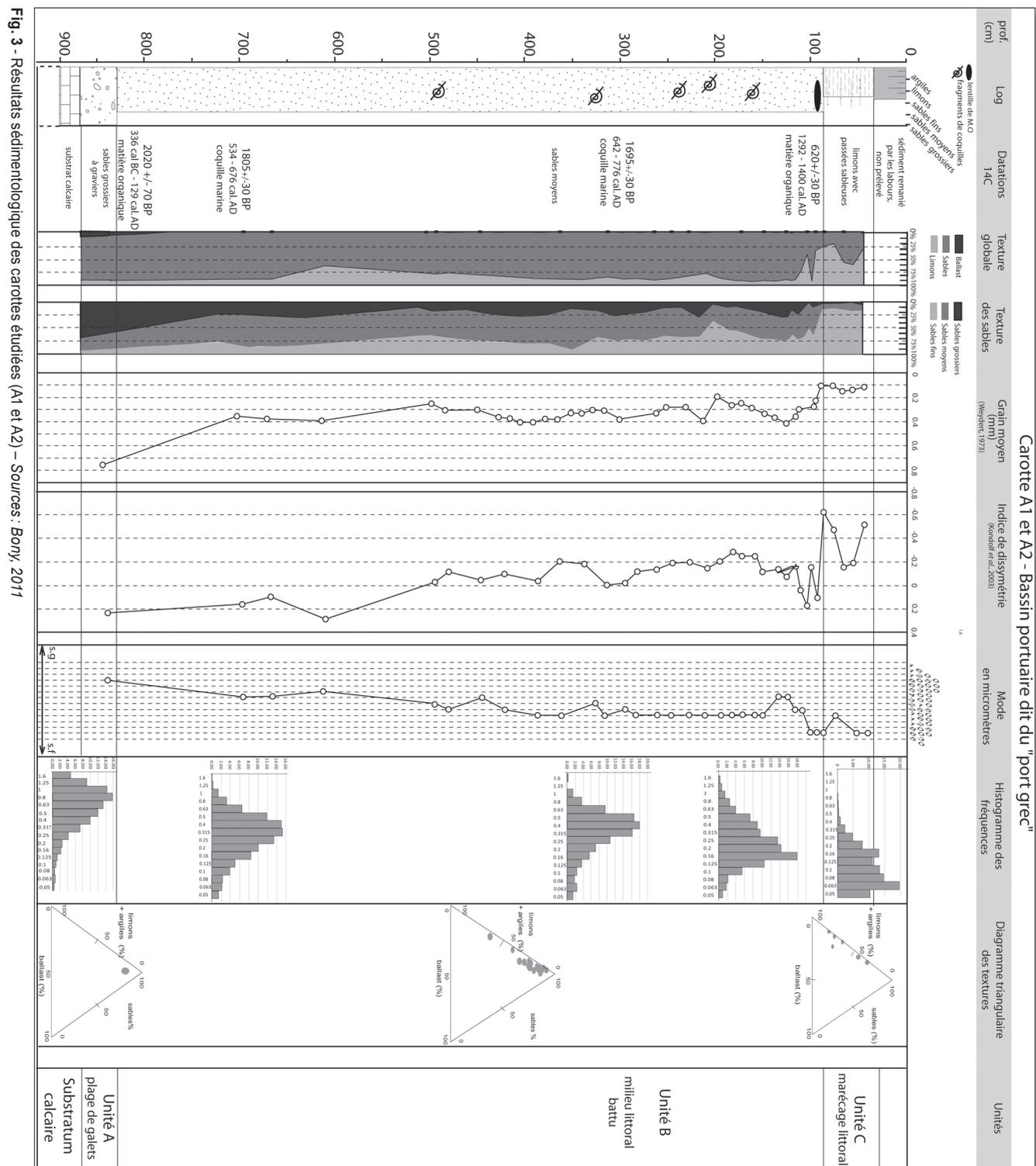


Tableau 1 - Datations radiocarbone réalisées par le Poznan Radiocarbon Laboratory. La date sur coquille marine obtenue par Marzoli (2005) a été incorporée dans ce tableau (Pto 480)

Code de l'échantillon	Nom de l'échantillon	Matériel	Prof m NGF	pMC	Err.	Age ¹⁴ C	Err.	d13C	Err.	Current microams	Date B.P	Date calibrée (95,4%)	Statut
Poz-29300	A1 90-97 B	bois	0,93	92,58	0,32	620	27	-31	0,5	18,7	620 ± 30	1292 cal. AD - 1400 cal. AD	acceptée
Poz-29418	A1 272-290	coquille marine	2,80	80,96	0,29	1695	28	4,9	0,6	19	1695 ± 30	642 cal. AD - 776 cal. AD	acceptée
Poz-29417	A2 689-700	coquille marine	7,00	79,87	0,30	1805	30	4,3	0,5	20,2	1805 ± 30	534 cal. AD - 676 cal. AD	acceptée
Pto 480	Empuries/Hafen	matière organique									2020 ± 70	336 cal. BC - 129 cal. AD	acceptée (Marzoli, 2005)

OxCal v.4.1.7 Bronk Ramsey (2010); r:5 Atmospheric data from Reimer et al., (2009)



Dans un premier temps, MARQUÈS et JULIA (1982), ont interprété ce mur comme une jetée qui aurait protégé le « port grec » des assauts de la mer. Cette hypothèse est actuellement remise en question (NIETO *et al.*, 2005). Il semblerait que ce mur corresponde à la muraille de *Neapolis*.

3 - Méthodologie

Les prélèvements ont été réalisés au moyen d'une tarière et d'un carottier russe monté sur une sondeuse Apofor 23D à piston hydraulique. La sonde russe permet de prélever des sédiments non perturbés et conserve fidèlement leur structure interne. Son utilisation étant limitée à la fraction granulométrique inférieure aux sables, la majorité des prélèvements a dû être effectuée à la tarière. Des problèmes techniques dus à la nature des sédiments sableux ont nécessité la réalisation de deux carottages complémentaires situés à moins d'un mètre l'un de l'autre (A1 : 0 à 4 m et A2 : 4 à 8,70 m). Les résultats sédimentologiques sont donc présentés sur un même log stratigraphique. Sur le terrain, l'analyse des carottes se limite à la caractérisation des principales unités stratigraphiques définies sur la base de leur faciès (couleur et texture). Les analyses sédimentologiques renseignent sur la nature, la texture et la structure du sédiment. Ces éléments sont indispensables à la compréhension du mode de sédimentation. La granulométrie permet, tout d'abord, d'identifier les textures et donc de mettre en évidence les dynamiques sédimentaires du milieu (FOLK et WARD, 1957). Plusieurs indices statistiques ont été retenus : grain moyen (WEYDERT, 1973), indice de dissymétrie (KONDOLF *et al.*, 2003) et le mode. L'étude des bioindicateurs s'est avérée infructueuse en l'absence de macrofaune, d'ostracode et de diatomée, gênant la reconstitution paléo-environnementale.

Enfin, trois datations au radiocarbone ont été réalisées par le laboratoire radiocarbone de Poznan sur un échantillon de bois et sur deux échantillons de coquilles marines (tab.1). Les datations ont été calibrées avec le logiciel Oxcal. Les datations sur coquille marine ont été calibrées avec la courbe marine (REIMER *et al.*, 2009) avec un âge réservoir de l'eau de mer en Espagne de 495 ± 55 ans en accord avec l'âge réservoir standard de l'eau de mer en Méditerranée de 390 ± 80 ans (SIANI *et al.*, 2000 et 2001). Pour plus de détails méthodologiques, le lecteur se reportera à l'article de MARRINER et MORHANGE (2007).

4 - Résultats : une façade maritime battue en contexte de progradation deltaïque

La colonne sédimentaire est composée de trois unités stratigraphiques. La première unité, de texture grossière repose sur le substrat calcaire. Le deuxième faciès est caractérisé par une texture sableuse, avec une taille de grain qui s'affine vers le sommet de l'unité, contenant des fragments de coquilles marines. Enfin, la troisième unité stratigraphique est de texture limono-argileuse, interstratifiée de passées de sables fins (fig. 3).

4.1 - Unité A, unité marine littorale, une plage à galets

L'unité A est située entre 8,30 et 8,70 m de profondeur. Elle est constituée de sédiments grossiers (sables grossiers à graviers avec quelques galets incrustés de faune marine comme les serpules). Le ballast est présent à 10% du poids total du sédiment. Les sables, constituant 80% du poids total du sédiment, sont constitués à 60% de sables grossiers (fig. 3). En effet, l'histogramme des fréquences pour la fraction sableuse indique une dominance des sables grossiers [2 mm à 500 μ m] et des sables moyens [500 μ m à 200 μ m] avec un grain moyen et un mode de 0,8 mm (fig. 3). L'indice de dissymétrie est positif et indique un enrichissement en sables grossiers (fig. 3). La présence de sédiments grossiers présentant des concrétionnements par des serpules indique un milieu littoral peu profond et relativement battu qui peut s'apparenter à une plage de poche de galets. Dans le carottage de BLECH et MARZOLI (2005) l'unité basale est identique à celle-ci. Des fragments d'huîtres (*Ostrea sp.*) étaient présents et attestent d'un milieu côtier. En l'absence de datation, il est difficile de caler cette formation qui s'est déposée lors de la dernière remontée marine holocène.

4.2 - Unité B : un milieu marin battu

L'unité B, située entre 8,30 et 0,90 m de profondeur, est constituée d'une accumulation de sables (88% du poids total du sédiment) avec de nombreux petits fragments de coquilles marines. Le ballast est quasi-absent et le taux de limons est d'environ 10%. La texture sableuse s'affine vers la surface. Le taux de sables fins passe de 25% à 40% à partir de -2,20 m (fig. 3). Les histogrammes des fréquences à -7 m et à -2,20 m sont identiques, avec une dominance des sables moyens [500 μ m à 200 μ m] et un mode et un grain moyen de 0,4 mm. L'histogramme des fréquences à -2 m montre une dominance des sables fins [200 μ m à 50 μ m] avec un mode et grain moyen de 0,16 mm. L'indice de dissymétrie varie des valeurs positives vers la base de l'unité (0,2) à des valeurs négatives vers le sommet de l'unité (-0,2) indiquant un enrichissement en sables fins (fig. 3) qui traduit une diminution de l'énergie hydrodynamique et un mode moins battu.

Le passage d'une unité grossière (unité A) à une unité plus fine de sables moyens (unité B) est lié à une diminution des dynamiques correspondant à une montée du plan d'eau. Le milieu devient donc un peu plus profond. Cette unité a été datée vers la base (-7 m) à 1805 ± 30 ans BP (534 cal. AD - 676 cal. AD, tab. 1), à -2,8 m à 1695 ± 30 ans BP (642 - 776 cal. AD, tab. 1) et au sommet (-0,95 m) à 620 ± 30 ans BP (1292 cal. AD - 1400 cal. AD, tab. 1). BLECH et MARZOLI (2005) ont aussi daté la base de cette unité à 2020 ± 70 ans BP (339 cal. BC - 129 cal. AD; tab. 1). Cette datation est en accord avec nos résultats.

Le milieu étudié se présente comme un environnement marin battu et ne correspond pas à un faciès de milieu portuaire protégé (MORHANGE, 1994). L'affinement du sédiment au sommet de l'unité B peut traduire un confinement du milieu sans doute en relation avec la progradation du delta du Fluvia-Muga depuis 6000 ans. Au niveau paléo-géographique, ce plan d'eau, abrité par le promontoire de *Palaiapolis*, a enregistré en position distale



la progradation d'origine terrigène du delta Fluvia-Muga dans un contexte de stabilisation du niveau marin (LABOREL *et al.*, 1994).

4.3 - Unité C : le colmatage final

Cette dernière unité, de 50 cm d'épaisseur, est contemporaine de 620 ± 30 ans B.P. (1292 cal. AD – 1400 cal. AD; bois; tab. 1). Elle est caractérisée par une texture limoneuse à intercalations sableuses (ca. 68% de limons, ca. 35% de sables avec un grain moyen de 0,06 mm; fig. 3). Le confinement de ce milieu, en marge sud d'un vaste système deltaïque, reflète la phase finale d'une dynamique de progradation littorale. L'histogramme des fréquences est étalé et pourrait aussi indiquer des apports colluviaux et des mélanges de stocks. La forte urbanisation de la cité (MARQUÈS et JULIA 2005) qui entoure cet environnement, a sans doute favorisé le colmatage par un ruissellement périphérique.

5 - Discussion

5.1 - Un port ouvert sur la mer?

À la fin de la dernière transgression Holocène, le milieu de sédimentation s'apparentait à une plage de poche. C'est dans ce contexte géomorphologique, que s'installent les colons grecs vers 600 ans av. J.-C. (AQUILÉ *et al.*, 2001). L'édification de la plaine deltaïque du Fluvia et du Muga au nord, qui a débuté vers 6000 ans BP (RAMBAUD, 2005), est à l'origine du colmatage du site par un apport de sédiments sableux. Le milieu se continentalise donc progressivement et ce n'est que vers l'époque médiévale que le milieu se transforme en un marécage littoral.

Des fouilles archéologiques à la limite sud du « port grec » ont mis en évidence une formation sableuse, identique à l'unité stratigraphique B, qui enterre les fondations de la muraille grecque (fig. 2). Ces éléments sont identiques à nos données.

Les études géophysiques électriques réalisées dans la zone « portuaire » ont révélé la présence de fonds rocheux à de faibles profondeurs sur l'ensemble du site ainsi que deux gros affleurements rocheux à l'entrée du « port » (fig. 2, NIETO *et al.*, 2005). Cette géométrie et ces obstacles sous-marins posent le problème de l'accessibilité et de la circulation des navires dans cet espace.

5.2 - Hauteur de la colonne d'eau et problème de stationnement et de circulation des navires

Les profils de résistivité électrique 18 et 19 révèlent la présence du substrat rocheux affleurant à partir de 2,5 m de profondeur sur une surface considérable au sud du « port grec » (fig. 2). La colonne d'eau était donc faible et peu propice à la circulation des navires au nord de *Neapolis*. En revanche au pied de *Palaiapolis*, le substrat

est, par endroits, plus profond. La colonne d'eau, au droit du carottage A1-A2, devait avoir une hauteur de l'ordre de 7 m vers 600 av. J.-C. (fig. 3). Cette estimation permet d'envisager une navigation dans l'Antiquité dans ce secteur (POMEY, 1997). En revanche, cette zone septentrionale « navigable » du « port grec » est particulièrement réduite. Ces résultats soulignent la difficulté que devaient avoir les navires à circuler dans un espace portuaire aussi restreint au pied de *Palaiapolis*.

Au niveau de l'entrée du « port grec », le profil 28 (fig. 2) laisse apparaître deux affleurements de substrat à une profondeur de 3 m en dessous du niveau marin actuel. Ces rochers sub-affleurant sont espacés entre eux d'environ 40 cm du côté de *Neapolis*. La passe ne pouvait donc pas se situer au sud du « port grec » mais plus au nord où l'accessibilité au site paraît plus facile.

Conclusion

Cette étude pluridisciplinaire confrontant les données sédimentologiques aux données géophysiques a permis de caractériser l'évolution paléo-environnementale et la géométrie d'une zone littorale, interprétée par les archéologues comme le « port grec » d'Empuriès. Ce port correspondait plutôt à un milieu littoral relativement battu, de dimension réduite, et seulement accessible au nord-est. Les formations sableuses attestent que la mer venait battre au pied de *Neapolis* et de *Palaiapolis*. Cette zone a pu servir de port ouvert sur la mer pour de petites embarcations, en taille et en nombre, car cet espace était peu profond et difficilement accessible. La géomorphologie de cette zone et l'absence d'infrastructures portuaires indique que ce port devait abriter une petite activité commerciale de passage où les marins pouvaient tirer leurs embarcations sur la plage. Ce contexte ne correspond donc pas à un environnement favorable pour développer un bassin portuaire protégé à la hauteur de la réputation commerciale de la colonie grecque. En effet, les navires de commerce plus importants, ainsi que les petites embarcations nécessitant un stationnement prolongé, ne pouvaient pas utiliser cette zone. La présence d'un port fluvial au nord de *Palaiapolis* semble être la solution adéquate pour des séjours longs et un commerce maritime à plus petite échelle (PLANA MALLART, 1994).

Remerciements

Les auteurs remercient le CASC pour le soutien logistique, le laboratoire d'archéologie de Lattes (UMR CNRS 5140) en particulier Gaël Piquet et Pierre Blanchemanche pour la mission de carottages, Andreas Vött (Université de Mayence) pour ses conseils techniques et scientifiques. Ces recherches ont été entreprises dans le cadre du programme de recherche ANR PALEOMED.

Bibliographie

AQUILÉ X., CASTANYER P., SANTOS M., TREMOLEDA J., (2001), *Empuriès*. Guides du Museu d'Arqueologia de Catalunya, 135 p.
BACH J., (2005), Trets geològics de la plana litoral de l'Alt Empordà, *Empuriès*, 54, p. 13-23.



- BACH J., (1986), Sedimentacion holocena en el litoral emergido de « l'Alt Emporda » (NE de Catalunya), *Acta Geologica Hispanica*, 21-22, p. 195-203.
- BLECH M., MARZOLI D., (2005), Cambios en el paisaje costero del Emporda. Las investigaciones interdisciplinarias llevadas a cabo por el instituto arqueologico aleman, *Empuriès*, 54, p. 45-58.
- BOTET I SISO J., (1879), *Noticia historica y arqueologica de la antigua ciudad de Emporion*, Maxtor, Madrid, 153 p.
- FOLK R.L., WARD W.C., (1957), Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters, *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 1, p. 3-26.
- KONDOLF G.M., THOMAS E.L., GORDON M.W., (2003), Bed sediment measurement, *Tools in Fluvial Geomorphology*, p. 347-395.
- LABOREL J., LABOREL-DEGUEN F., (1994), Biological indicators of relative sea-level variation and of co-seismic displacements in the Mediterranean area, *Journal of Coastal Research*, 10, 2, p. 395-415.
- MARCET R., SANMARTÍ E., (1990), *Empuriès*, Diputacio de Barcelona, 177 p.
- MARQUÈS M., JULIÀ R., (1982), Coastal Problems in Alt Emporda, Catalonia, *Proceedings of a symposium held in Venice*, E.C.F. BIRD (ed.), Fabbri, p. 83-93.
- MARQUÈS M., JULIA R., (1987), Données sur l'évolution du littoral dans le nord de l'Espagne, *Déplacements des lignes de rivage en Méditerranée*, CNRS, p. 15-23.
- MARQUÈS M., JULIA R., (2005), Evolucion de la zona litoral del Emporda durante el ultimo milenio, *Geomorphologica Litoral i Quaternari*, p. 259-271.
- MARRINER N., MORHANGE Ch., (2007), Geoscience of ancient Mediterranean Harbours, *Earth-Sciences Reviews*, 80, p. 137-194.
- MARZOLI D., (2005), Die Besiedlungs und Landschaftsgechichte em Emporda, von der Endbronzezeit bis zum Beginn der Romanisierung, *Iberia Archaeologica*, 5, 427 p.
- MORHANGE Ch., (1994), *La mobilité des littoraux provençaux. Eléments d'analyse géomorphologique*, thèse de géographie, Université de Provence, 269 p.
- NIETO X., REVIL A., MORHANGE Ch., VIVAR G., RIZZO E., (2005), La fachada marítima de Ampurias: studios geofísicos y datos arqueológicos, *Empuriès*, 54, p. 71-100.
- NIETO X., RAURICH X., (1998), La infraestructura portuaria ampuritana, *Jornadas de Arqueologia Subacuatica*, Valencia, 3, p. 56-76.
- POMEY P., (1997), *La navigation dans l'Antiquité*, éditions Edisud, 10, 208 p.
- RAMBAUD F., (2005), Reconstruccion de la linea de costa en el entorno de Ampurias, *Empuriès*, 54, p. 59-70.
- PLANA MALLART R., (1994), La chôra d'Emporion. Paysages et structures agraires dans le Nord-Est catalan à la période préromaine, in *Annales Littéraires de l'Université de Besançon*, 544, Paris, Les Belles Lettres, 228 p.
- REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., BURR G.S., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDAS I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MCCORMAC F.G., MANNING S.W., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SOUTHON J.R., TALAMO S., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E., (2009), IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 51, 4, p. 1111–1150.
- SIANI G., PATERNE M., ARNOLD M., BARD E., MÉTIVIER B., TISNERAT N., BASSINOT F., (2000), Radiocarbon reservoir ages in the Mediterranean Sea and Black Sea, *Radiocarbon*, 42, 2, p. 271-280.
- SIANI G., PATERNE M., MICHEL E., SULPIZIO R., SBRANA A., ARNOLD M., HADDAD G., (2001), Mediterranean Sea surface radiocarbon reservoir age changes since the Last Glacial Maximum, *Science*, 294, p. 1917-1920.
- WEYDERT P., (1973), *Morphologie et sédimentologie de la partie méridionale du grand récif de Tuléar*, thèse de géologie, université d'Aix-Marseille , 646 p.

