

Géoarchéologie des îles de Méditerranée

Géoarchéologie des îles de Méditerranée

Geoarchaeology of the Mediterranean Islands

sous la direction de
Matthieu Ghilardi

Avec la collaboration de
Franck Leandri, Jan Bloemendal, Laurent Lespez et Sylvian Fachard

CNRS ÉDITIONS

Sommaire

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Géoarchéologie des îles de Méditerranée	9
GHILARDI Matthieu, LEANDRI Franck, BLOEMENDAL Jan, LESPEZ Laurent, FACHARD Sylvian	

PARTIE 1 / PART 1

Anthropisation et mutations paysagères à la transition Paléolithique/Néolithique <i>Anthropization and landscape changes during the Late Paleolithic/Neolithic transition</i>	21
---	-----------

La diffusion du Néolithique en Méditerranée	23
GUILAINE Jean	

Late Pleistocene to Early Holocene Sea-Crossings in the Aegean: Direct, Indirect and Controversial Evidence	33
PAPOULIA Christina	

The insular ecology and palaeoenvironmental impacts of the domestic goat (<i>Capra hircus</i>) in Mediterranean Neolithization	47
LEPPARD Thomas P., PILAAR BIRCH Suzanne E.	

Site Formation Processes at Akrotiri Aetokremnos, Cyprus: Why is the site so controversial?	57
SIMMONS Alan, MANDEL Rolfe D.	

La néolithisation de la haute montagne corse : l'Abri des Castelli, 2140 m d'altitude (commune de Corte, centre-Corse)	73
MAZET Sylvain, MARINI Nathalie-Anne, BONTEMPI Jean-Michel, BOSCHIAN Giovanni	

The Neolithic landscape and settlement of the Island of Gökçeada (Imbros, Turkey)	89
ERDOĞU Burçin	

PARTIE 2 / PART 2

Mobilité et reconstitution des anciens niveaux marins depuis la fin de la dernière grande glaciation quaternaire <i>Shoreline displacements and sea level changes since the Last Glacial Maximum</i>	95
--	-----------

Variations relatives du niveau moyen de la mer en Corse au cours des 6000 dernières années	97
VACCHI Matteo, GHILARDI Matthieu, CURRÁS Andrés	

Reconstructing the coastal configuration of Lemnos Island (Northeast Aegean Sea, Greece) since the Last Glacial Maximum	109
CHALKIOTI Areti	

Holocene sea level changes and palaeogeographic reconstruction of the Ayia Irini prehistoric settlement (Keos Island, Cyclades archipelago, Greece)	119
MOURTZAS Nikos, KOLAITI Eleni	

PARTIE 3 / PART 3	137
Adaptation aux mutations paysagères à l'échelle intra-site : la nécessaire prise en compte des paramètres environnementaux <i>Human adaptation to site-scale landscape changes: the importance of environmental parameters</i>	
Étude géophysique et paléogéographique de l'Agora de Thasos (Grèce) : implications pour l'occupation humaine durant l'Antiquité	139
QUESNEL Y., GHILARDI M., MALAMIDOU D., TRIPPÉ N., LESPEZ L., COLLEU M., VACCHI M.	
Évolution des paysages et histoire de l'occupation d'Érétrie (Eubée, Grèce) du Bronze ancien à l'époque romaine	149
GHILARDI Matthieu, MÜLLER CELKA Sylvie, THEURILLAT Thierry, FACHARD Sylvian, VACCHI Matteo	
Les ports antiques des petites îles de Méditerranée. Proposition d'une typologie géoarchéologique	165
GIAIME Matthieu, MORHANGE Christophe, CARAYON Nicolas, FLAUX Clément, MARRINER Nick	
Reconstructing the coastal landscape of Selinus (Sicily, Italy) and Lipari Sotto Monastero (Lipari, Italy)	177
MAZZA Alba	
On the historical role of earthquakes in Antiquity	191
STIROS Stathis	
<hr/> PARTIE 4 / PART 4	<hr/> 199
Deltas, lagunes et marais : des interfaces propices à l'implantation des sociétés humaines <i>Deltas, lagoons, and marshes as suitable environments for human habitation</i>	
Holocene Fluvial Dynamics and Geoarchaeology on Mediterranean Islands	201
BROWN Tony, WALSH Kevin	
Occupation humaine et mobilité des paysages dans la basse vallée du Sagone (Corse, France) entre l'âge du Bronze et l'époque romaine	215
GHILARDI Matthieu, ISTRIA Daniel, CURRAS Andrés, DUSSOUILLEZ Philippe, VELLA Claude, CREST Yannick, COLLEU Maxime, VACCHI Matteo	
Évolution du fleuve Golo autour du site antique et médiéval de Mariana (Corse, France)	229
VELLA Claude, COSTA Kévin, ISTRIA Daniel, DUSSOUILLEZ Philippe, GHILARDI Matthieu, FLEURY T. Jules, DELANGHE Doriane, DEMORY François, CIBECCHINI Franca, MOREAU Julien, JOUET Gwenaël	
Changements environnementaux et impact des sociétés humaines autour du site minoen de Malia (Crète, Grèce). Bilan des acquis et nouvelles recherches	245
LESPEZ Laurent, MÜLLER CELKA Sylvie, POMADÈRE Maia	
Changements environnementaux et histoire de la colonisation humaine des Îles Baléares (Méditerranée occidentale) : conséquences sur l'évolution de la végétation	259
BURJACHS Francesc, PÉREZ-OBIOL Ramon, PICORNELL-GELABERT Llorenç, REVELLES Jordi, SERVERA-VIVES Gabriel, EXPÓSITO Isabel, YLL Errikarta-Imanol	

PARTIE 5 / PART 5	273
Matières premières : exploitation et interactions <i>Exploitation and exchange of raw materials</i>	
Early Holocene Interaction in the Aegean Islands: Mesolithic Chert Exploitation at Stélida (Naxos, Greece) in Context	275
CARTER Tristan, CONTRERAS Daniel A., DOYLE Sean, MIHAILOVIC Danica D., SKARPELIS Nikolaos	
Dietary preferences of the inhabitants of ancient Akrai/Acrae (south-eastern Sicily) during Roman times and the Byzantine period	287
CHOWANIEC Roksana, GREZAK Anna	
Looking for the invisible: landscape change and ceramic manufacture during the Final Neolithic-Early Bronze Age at Phaistos (Crete, Greece)	299
MENTESANA Roberta, AMATO Vincenzo, DAY Peter M., GHILARDI Matthieu, KILIKOGLU Vassilis, LONGO Fausto, TODARO Simona	
Reconstitution des paléoenvironnements et des activités humaines à partir de l'étude de sédiments prélevés dans le Cap Corse (Corse, France)	311
FAGEL Nathalie, FONTAINE François, PLEUGER Élisabeth, LECHENAULT Marine, LEPOINT Gilles, GOIRAN Jean-Philippe	
Kouphonisi (Greece): a briefly vibrant Roman harbourage between Crete and Africa	333
COUTSINAS Nadia, GUY Max, KELLY Amanda	

Les ports antiques des petites îles de Méditerranée. Proposition d'une typologie géoarchéologique

GIAIME Matthieu¹, MORHANGE Christophe^{1,2}, CARAYON Nicolas³,
FLAUX Clément⁴, MARRINER Nick⁵

Résumé

Cette étude traite de la mutation des environnements portuaires dans différents contextes insulaires. Elle met en évidence le rôle déterminant des processus géomorphologiques et météo-marins dans l'évolution des îles étudiées, en particulier la situation des îles par rapport à la côte et aux embouchures fluviales. Plus l'île est proche du continent, plus elle sera impactée par la progradation et la régularisation générale des littoraux meubles depuis environ 6 000 ans. Au cours de l'Antiquité, la stabilisation du niveau marin associée à un détritisme terrigène d'origine fluviale ont entraîné une régularisation du trait de côte par colmatage des baies deltaïques et enclavement des îles et archipels à proximité des embouchures fluviales, alors que les côtes rocheuses sont caractérisées par une stabilité beaucoup plus remarquable. Sur côte meuble, l'hyper-sédimentation était difficile à gérer et le dragage des bassins portuaires était nécessaire. Les sites antiques localisés dans d'anciennes rias ou golfes aujourd'hui colmatés (*e. g.* Millet et Oeniades) mettent bien en exergue l'impact de l'alluvionnement au niveau de base sur les installations portuaires, ces dernières étant relocalisées en fonction de la progradation historique des rivages. De manière générale, alors que les îles proximales en contexte deltaïque présentent des potentialités portuaires à une échelle séculaire, les îles distales, reliées ou non au continent par un tombolo, définissent des sites d'occupation portuaire souvent pluri-millénaire, à l'image de Tyr. Certains impacts d'origine anthropique, tels que la construction de chaussées artificielles, n'ont souvent fait qu'accélérer les processus de colmatage deltaïque.

Introduction

Au cours des dernières décennies, les études archéologiques conduites sur les îles de Méditerranée ont montré que ces dernières ont, depuis la Préhistoire, constitué des espaces attractifs pour les populations et joué un rôle dans l'amélioration des techniques de navigation. Par exemple, des fréquentations épipaléolithiques sont attestées dans la plupart des îles méditerranéennes, ce qui permet dès lors de fixer une date de colonisation antérieure à 9000 ans av. J.-C pour la plupart d'entre elles (Guilaine, 2012 ; Papoulia, ce volume). Les populations en quête de nouvelles terres se dirigeaient vers ces espaces insulaires. Elles s'y implantaient et prospéraient, tout en gardant des liens avec leurs établissements d'origine sur le continent. Cela est notamment visible à Chypre où Vigne *et al.* (2014) ont montré une augmentation de la présence de gros ruminants importés depuis le

Levant et la côte de l'actuelle Turquie entre le XII^e et le X^e siècles av. J.-C. La Crète constitue elle aussi une des premières îles où la présence de « villages agricoles » est attestée, apportant une des plus anciennes preuves de réussite du « transfert maritime » d'une économie agricole complète (Broodbank et Strasser, 1991). Ce phénomène ne serait pas seulement lié à de grandes améliorations des techniques d'ingénierie navale, mais serait plutôt dû à une meilleure maîtrise de la navigation par les populations du Paléolithique supérieur et du Néolithique par une transmission de ces connaissances de générations en générations (Vigne *et al.*, 2014). Paradoxalement, si les îles sont considérées comme des étapes clés des processus de colonisation en Méditerranée, les relations société-environnement des ports insulaires ont rarement été explicitées et classifiées. Il semble donc pertinent de préciser la mobilité des paysages et la diversité des contextes portuaires antiques en domaine insulaire,

¹Aix Marseille Université, CNRS, CEREGE UMR 7330, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence, France

²Institut Universitaire de France, 103 boulevard Saint Michel, 75005 Paris, France

³Department of Archaeology, University of Southampton, Highfield, Southampton SO17 1BF, United Kingdom

⁴CNRS, EcoLab (Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement) UMR 5245, Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 9, France

⁵CNRS, Laboratoire Chrono-Environnement UMR 6249, Université de Franche-Comté, UFR ST, 16 Route de Gray, 25030 Besançon, France

les îles ayant joué un rôle essentiel dans le développement et le façonnement des sociétés antiques littorales (Gras, 1995 ; Broodbank, 2013 ; Walsh, 2013 ; Dawson, 2014 ; Fitzpatrick *et al.*, 2015). Par exemple, les îles ont constitué des zones privilégiées pour l'implantation des colonies phénico-puniques et grecques notamment, au premier millénaire avant notre ère (Carayon, 2008). Parmi les agglomérations phéniciennes de la côte levantine, Tyr et Arwad illustrent un système d'organisation spatiale bipartite où l'agglomération, située sur un îlot à plusieurs centaines de mètres du rivage, profite de relations privilégiées avec l'arrière-pays tout en conservant une position défensive favorable (Carayon, 2011). Arwad a, par exemple, entretenu des liens étroits avec les agglomérations continentales de sa pérée, Tartous, Tell Ghamqé et Amrit (Rey-Coquais, 1974). Tyr contrôlait aussi une bande littorale sur le continent, lui permettant de bénéficier d'un accès à l'eau douce (sources de Ras al-' Ayn), et aux ressources forestières, ainsi que d'un espace suffisant pour enterrer ses morts (Sauvage, 2012). Les choix d'implantation des ports répondaient en premier lieu à un double objectif défensif et économique. Arwad et Tyr illustrent bien ce constat puisque la première ne fut jamais prise, ni par les Assyriens qui contrôlaient sa pérée, ni par Alexandre le Grand. Les souverains de la cité-État insulaire, sans doute afin de préserver leurs activités commerciales, préférèrent se soumettre d'eux-mêmes (Bunnens, 1983). Quant à la cité de Tyr, elle ne fut définitivement conquise par Alexandre le Grand qu'en 332 av. J.-C., à la suite de la construction d'une

chaussée reliant artificiellement l'île au continent (Marriner *et al.*, 2007). À l'époque médiévale, la construction de Venise est également un bon exemple de l'avantage défensif constitué par un archipel. En effet, Venise fut fondée au VI^e siècle apr. J.-C. suite à la relocalisation de la cité romaine côtière d'Altinum, menacée par les invasions lombardes. Nous avons choisi dans cet article de présenter des petites îles et des îlots côtiers qui ont pour la plupart une superficie inférieure à quelques dizaines de kilomètres carrés (Figure 1). Ces sites d'étude sont associés à la création d'un établissement antique et de son (ou ses) port(s). Par ailleurs, ils ont pour la plupart connu d'importants changements environnementaux au cours du temps. La présente étude s'appuie sur la reconnaissance des caractéristiques géomorphologiques et des processus hydro-sédimentaires de la bande côtière de ces sites.

Méthodes d'étude

Dans cette étude, les processus géomorphologiques et les impacts d'origine anthropique ayant entraîné d'importantes modifications des paysages insulaires depuis l'Antiquité sont au nombre de quatre : (i) le budget sédimentaire au niveau de base ; (ii) la variation relative du niveau de la mer ; (iii) la distance à la côte continentale ; (iv) l'impact du degré d'artificialisation des îles. À la suite d'une analyse détaillée de la bibliographie disponible pour ces différents sites et en nous inspirant d'une méthode proposée par Bony *et al.*, (2014), une base de données

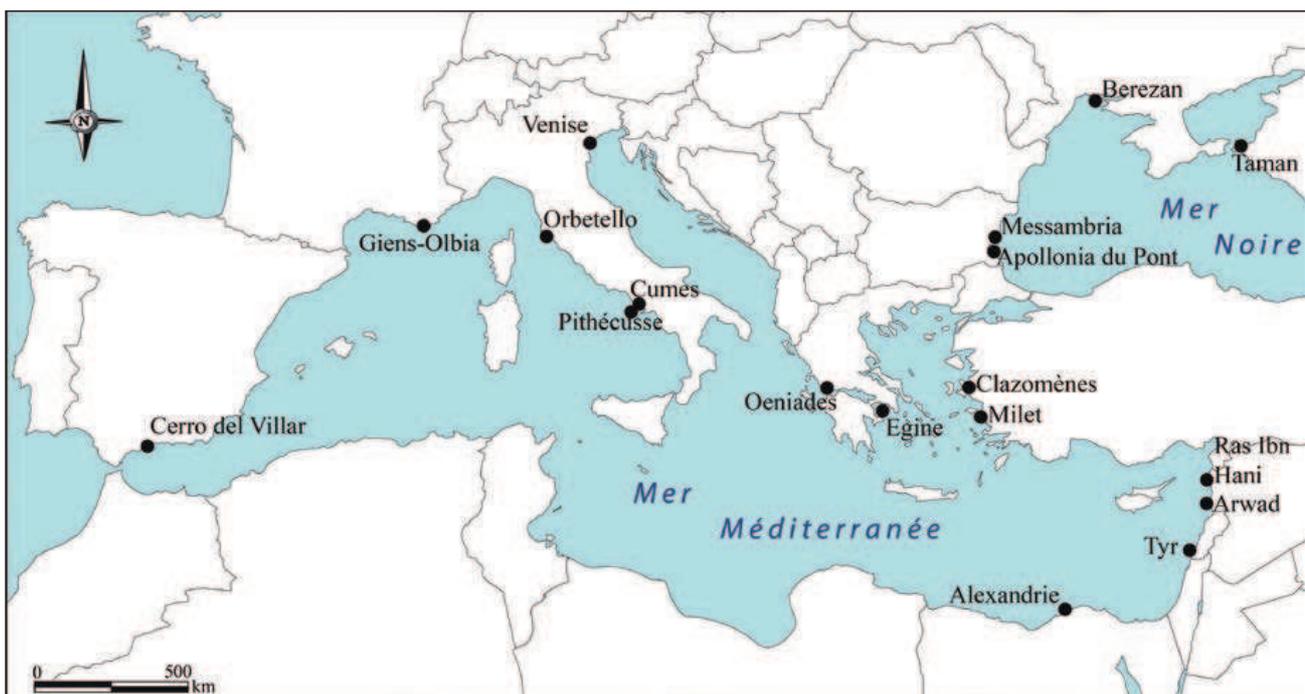


Figure 1: Localisation des sites mentionnés.

de type semi-quantitative a pu être constituée. Cette dernière repose sur l'attribution d'un pourcentage en fonction du rôle joué par tel ou tel processus ou caractéristique. L'éloignement à la côte a ainsi été mesuré grâce à Google Earth. Le budget sédimentaire est estimé en fonction de la proximité de fleuves pourvoyeurs de sédiments. Dans un contexte de stabilisation générale du niveau de la mer, sauf exception comme à Alexandrie, la sédimentation rapide au niveau de base a nécessairement entraîné d'importantes contraintes dans l'utilisation et la gestion des bassins portuaires insulaires (Stewart et Morhange, 2009). Le degré d'artificialisation des rivages traduit la densité variable d'équipements portuaires ou la construction d'une chaussée reliant l'île au continent.

La première étape repose sur la création d'une carte de chaleur (*heat map*) grâce au logiciel « r » afin de représenter les données statistiques (Figure 2A). Associée à cette carte de chaleur, une classification ascendante hiérarchique (CAH) nous permet de classer les différents sites pris en compte dans l'étude (Figure 2A). Enfin, une analyse en composante principale (ACP) nous permet de mettre en évidence le processus majeur ayant affecté l'île au cours du temps (Figures 2B et 2C).

Résultats

La classification ascendante hiérarchique met en lumière quatre groupes principaux caractérisés par l'importance des facteurs ayant entraîné une modification des paysages insulaires (Figure 2A). Le groupe A rassemble des paléo-îles proches du continent et pour lesquelles les apports sédimentaires étaient très importants. Le groupe B est formé par des îles caractérisées par leur éloignement par rapport à la côte continentale et l'effet de la variation relative du niveau marin sur l'évolution des environnements portuaires antiques. Le groupe C est quant à lui composé d'îles ayant connu une importante artificialisation durant l'Antiquité. Enfin, le

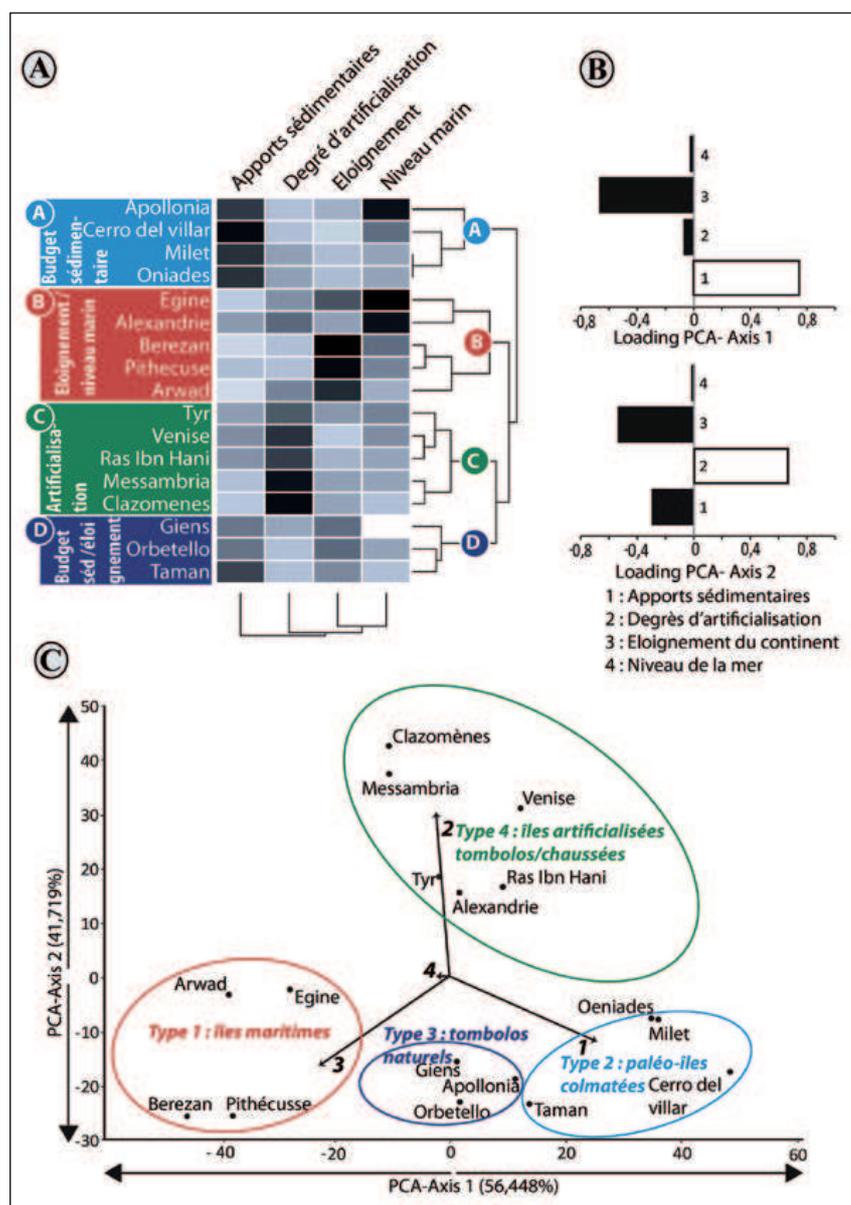


Figure 2 : (A) Carte de chaleur réalisée en fonction des contraintes estimées pour chaque site et classification ascendante hiérarchique associée. La classification ascendante hiérarchique met en lumière quatre groupes principaux caractérisés par l'importance des facteurs ayant entraîné une modification des paysages insulaires.

(B) Poids des différentes contraintes pour les deux axes de l'ACP, (C) Analyse en composantes principales des principaux ports insulaires étudiés hiérarchisant les îles en fonction de la caractéristique majeure agissant sur leur évolution géomorphologique.

groupe D comprend des îles plus ou moins éloignées du continent ayant été liées à celui-ci par le développement de flèches sableuses ou de tombolos.

L'ACP, réalisée sur cette même base de données, permet de hiérarchiser ces quatre groupes en fonction des caractéristiques qui ont joué un rôle prépondérant dans leur évolution géomorphologique (Figures 2B et 2C). L'axe 1 oppose les îles maritimes (valeurs négatives), caractérisées par un éloignement important au continent et un faible apport sédimentaire, aux paléo-îles colmatées (valeurs positives), soumises à d'importants apports sédimentaires. L'axe 2 est caractérisé par

le degré variable d'aménagement du littoral. Les valeurs positives illustrent un degré d'artificialisation important durant l'Antiquité alors que les îles peu aménagées sont caractérisées par des valeurs négatives.

Les résultats ainsi obtenus nous permettent de distinguer quatre types géomorphologiques distincts :

- (Type 1) les îles maritimes, comme Arwad (Syrie, Figure 1), Pithécusse (actuelle Ischia en Italie, Figure 1), Égine (Grèce) ou Berezan (Ukraine, Figure 1) qui sont suffisamment éloignées de la côte pour être à l'abri des processus de sédimentation accélérée et de régularisation du littoral.

- (Type 2) les paléo-îles aujourd'hui continentalisées et intégrées à une plaine deltaïque, comme celles de Milet (Figure 1) au cœur du delta du Büyük-Menderes (Turquie), d'Oeniades (Figure 1) dans la plaine de l'Achéloos (Grèce), et l'archipel de Taman dans le delta de la Kouban (Russie).

- (Type 3) les îles reliées au continent par la formation d'un tombolo comme à Apollonia du Pont (Bulgarie, Figure 1), Orbetello (Italie, Figure 1) ou à Giens-Olbia (France, Figure 1).

- (Type 4) les îles reliées au continent par un tombolo et/ou une chaussée artificielle, comme à Tyr en marge sud du delta de l'Awali (Liban, Figure 1) ou Clazomènes (Turquie, Figure 1) reliée par une chaussée artificielle par Alexandre le Grand. Contrairement aux paléo-archipels colmatés intra-deltaïques, ces îles présentent encore aujourd'hui une façade marine, par exemple à Alexandrie (Égypte, Figure 1).

Établissement d'une typologie

Type 1 : Les ports en contexte insulaire maritime

De nombreuses îles égéennes, par exemple, sont éloignées des côtes européennes et anatoliennes, comme l'archipel des Cyclades. Ces dernières, du fait d'un détritisme relativement modeste dû à l'absence d'un écoulement hydrologique constant et pérenne, n'ont pas connu un important changement de la morphologie du trait de côte. Le forçage lié à la variation relative du niveau de la mer reste alors prédominant, comme à Mykonos (Dalongeville *et al.*, 2007) ou à Égine dans le golfe Saronique (Mourtzas et Kolaiti, 2013). C'est également le cas des îles qui ont marqué la première étape de la colonisation grecque en Méditerranée et en mer Noire. Lors de l'expansion grecque, durant la période archaïque (750-550 av. J.-C.), les îlots côtiers ont souvent constitué des emplacements privilégiés pour l'implantation des établissements coloniaux à l'image de l'île de Berezan située au large de l'Ukraine actuelle (Figure 1).

En Méditerranée occidentale, c'est en 770 av. J.-C. que des colons grecs venus de Chalcis en Eubée (Grèce) ont fondé sur l'île d'Ischia (Figure 1) la première colonie de *Magna Graecia*. Pithécusse était à l'origine un comptoir commercial où les Grecs côtoyaient d'autres peuples (Ridgway, 1992). Quelques années plus tard, les Grecs fondèrent Cumes (Figure 1) à proximité immédiate afin de contrôler les routes commerciales vers le Nord (Pasqualini, 2000). L'environnement insulaire a peu changé depuis l'Antiquité. En contexte insulaire éloigné, la taille réduite des bassins versants explique un budget sédimentaire modeste et une accumulation limitée au niveau de base. L'influence des bassins versants continentaux est quasi nulle. Un forçage important est donc ici la montée relative du niveau marin qui a pu entraîner la submersion de certaines structures portuaires antiques, ainsi qu'une diminution de la superficie des îles depuis l'âge du Bronze.

Type 2 : Les ports des paléo-îles enclavées au sein d'une plaine deltaïque

Dans un contexte de stabilisation générale du niveau de la mer, la sédimentation accélérée entraîne une régularisation des rivages (Anthony *et al.*, 2014), à l'origine d'un déplacement des ports du fait d'une continentalisation croissante des îles qui aboutit à un enclavement des bassins portuaires (Marriner et Morhange, 2007 ; Morhange *et al.*, 2015b). Pour un certain nombre d'embouchures fluviales, ces phénomènes de « course à la mer » ont pu être clairement identifiés, reflétant de profondes modifications de l'occupation agricole des bassins versants sur la longue durée (Brückner *et al.*, 2005). Trois exemples bien documentés sont détaillés ici : l'archipel milésien du golfe latmien est aujourd'hui situé au sein de l'actuelle plaine du Büyük-Menderes (Turquie), à environ huit kilomètres du rivage actuel (Figure 3A). Cette paléo-ria, pénétrant de plusieurs dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres, était un important réceptacle pour les sédiments érodés par la mise en culture intense des pentes du bassin versant du Büyük-Menderes. Ainsi, à partir de l'âge du Bronze, vers 1900-1100 av. J.-C., l'érosion accélérée des sols a transformé l'archipel en une péninsule (Brückner *et al.*, 2006). Progressivement, la progradation du delta pendant la domination de l'Empire romain a entraîné un déplacement du trait de côte vers l'ouest et le colmatage des bassins portuaires (Brückner *et al.*, 2014). Le port des Lions, partiellement colmaté dès le début de la période byzantine (VII^e-V^e apr. J.-C.), illustre parfaitement les changements géomorphologiques induits par un budget sédimentaire considérable puisque le taux de sédimentation apparent

a fortement augmenté, de 6,3 mm/an entre 510 et 390 av. J.-C., à plus de 12 mm/an entre 75 av. J.-C. et 400 apr. J.-C. (Brückner *et al.*, 2014). De la même manière, les recherches menées dans le delta de l'Achéloos en Grèce ont montré que la progradation deltaïque est aussi à l'origine d'importants déplacements et métamorphoses du trait de côte (Fouache *et al.*, 2005 ; Vött, 2007 ; Vött *et al.*, 2007). La paléo-île de Trikardo, abritant la cité d'Oeniades, était baignée il y a environ 6 000 ans par les eaux du golfe de Patras en raison de la remontée glacio-eustatique du niveau marin (Figure 3B). Par la suite, la progradation du delta de l'Achéloos déconnecta l'île de la mer, la laissant émerger d'un plan d'eau lagunaire. Les ports antiques insulaires demeuraient toutefois connectés à la mer grâce à l'utilisation de bras fluviaux comme canaux. Durant les périodes romaine et byzantine, l'île fût définitivement enclavée au sein de la plaine deltaïque. Cette contrainte fut levée au sud de l'île par l'aménagement d'un port fluvial sur la berge d'un méandre de l'Achéloos. Cette relocalisation des ports illustre particulièrement bien le phénomène de « course à la mer » induite par les changements

environnementaux de l'époque. L'actuelle péninsule de Taman (sud-ouest de la Russie) est un type géomorphologique intermédiaire. Elle a formé un archipel de quatre îles suite à la remontée postglaciaire du niveau marin (*ca.* 6000 ans av. J.-C. ; Müller *et al.*, 1998 ; Giaime *et al.*, 2014). Une fois celui-ci stabilisé, les îles ont été progressivement atterries par la progradation du bras méridional du fleuve Kouban (Figure 3C). Trois passages entre la mer Noire et la mer d'Azov, identifiés comme des paléo-Bosphore cimmériens, étaient alors en eau. Au début de la colonisation grecque au cours de la première moitié du VI^e siècle av. J.-C., seuls deux bras de mers étaient encore praticables (Schlotzauer et Zhuravlev, 2014 ; Giaime *et al.*, 2016), le Bosphore cimmérien oriental ayant été colmaté dès le IV^e millénaire av. J.-C. (Brückner *et al.*, 2010 ; Giaime *et al.*, sous presse). Les cités principales, à l'image de Phanagoria ou d'Hermonassa, étaient localisées sur les rives du Bosphore cimmérien occidental (actuel détroit de Kertch aujourd'hui toujours navigable). Dès l'Antiquité, ce dernier constituait déjà la principale voie de communication maritime. L'important chenal

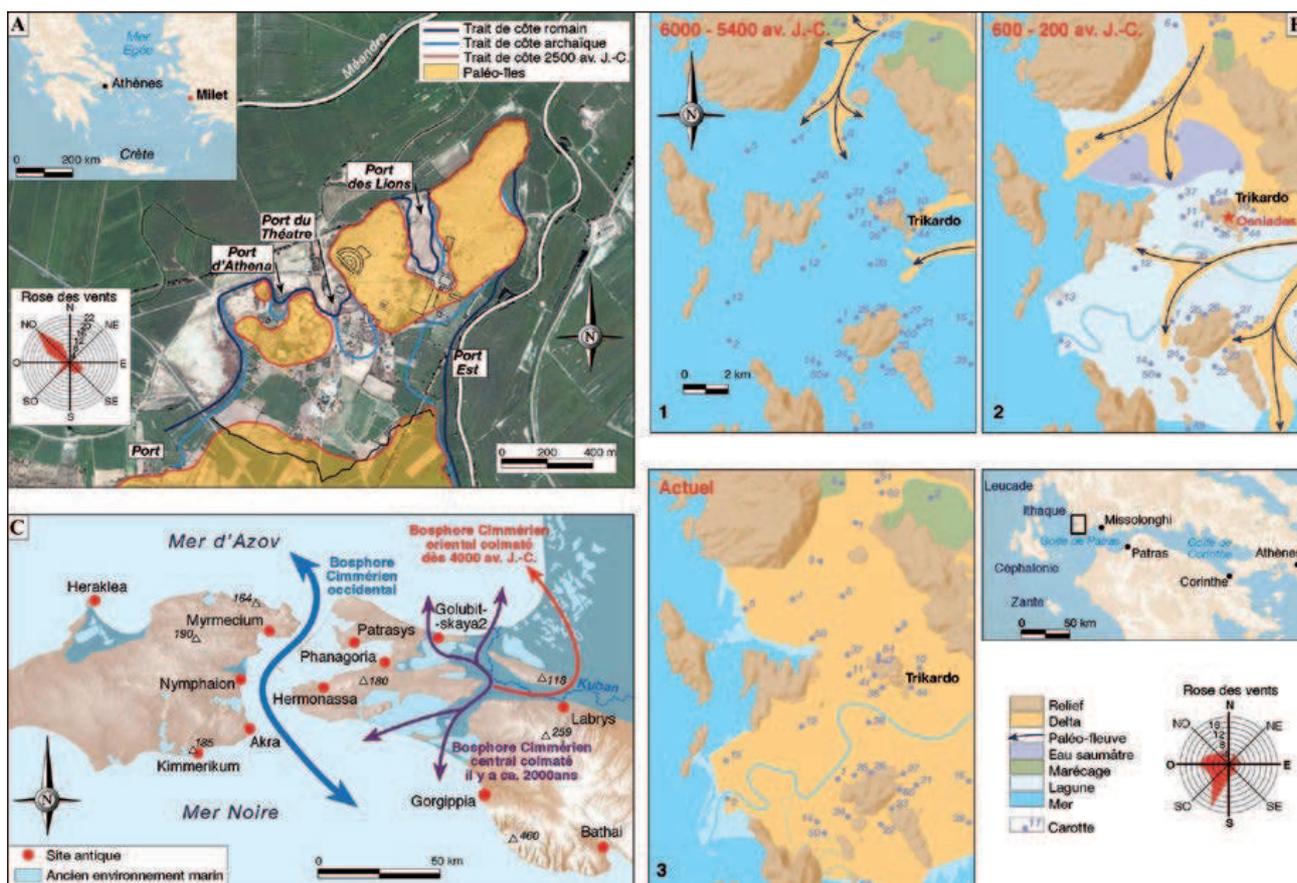


Figure 3 : (A) Contexte géomorphologique de l'archipel de Milet (Turquie) d'après Brückner *et al.*, 2014 et image Michelin. Rose des vents d'après les données de la station météorologique de Patmos (en nœuds, windfinder.com). (B) Evolution géomorphologique du delta de l'Achéloos et enclavement des ports d'Oeniades (d'après Vött 2007, Vött *et al.*, 2007). Rose des vents d'après les données de la station météorologique de Aitoliko (en nœuds, windfinder.com)/ (C) Paléo-archipel de Taman et les paléo-bosphores, (d'après Giaime *et al.*, 2016).

laguno-marin protégé que constituait le Bosphore cimmérien central représentait lui aussi un environnement remarquable pour l'implantation d'abris côtiers et pour la circulation des navires, jusqu'au I^{er} siècle av. J.-C., date de sa fermeture partielle suite au développement de flèches sableuses reliant les différentes îles entre elles (Kelterbaum *et al.*, 2011). Plus que les îles, ce sont ici les paléo-bosphores cimmériens qui ont été colmatés entraînant leur disparition.

Type 3 : Les ports insulaires caractérisés par la présence de tombolos naturels

Lorsque l'île se situe à une distance peu importante du continent et que l'apport sédimentaire est assez conséquent, un tombolo a pu se former. Le terme de tombolo décrit une langue sableuse reliant une île perpendiculairement à la côte adjacente. Ces isthmes se développent par l'action conjointe d'apports sédimentaires importants et de l'action des vagues qui, par diffraction sur l'île, vont venir déposer les sédiments à l'arrière de cette dernière, en zone d'abri. Les auteurs insistent sur deux paramètres principaux, la distance à la côte (d) et la longueur de l'île qui agit comme un brise-lames (l). Sunamura et Mizuzo (1987) proposent qu'un ratio (d/l) inférieur ou égal à 1,5 soit à l'origine de la formation naturelle d'un tombolo. Un salient se formerait pour un ratio compris entre 1.5 et 3.5. Au-delà de cette valeur, il n'y aurait pas de formation de flèche sableuse car l'île est beaucoup trop éloignée du trait de côte continental (Figure 4). À beaucoup plus grande échelle, Van Rijn (2013), utilisant les mêmes paramètres, mais une formule inverse (l/d), suggère qu'un ratio supérieur ou égal à 1 serait nécessaire au développement

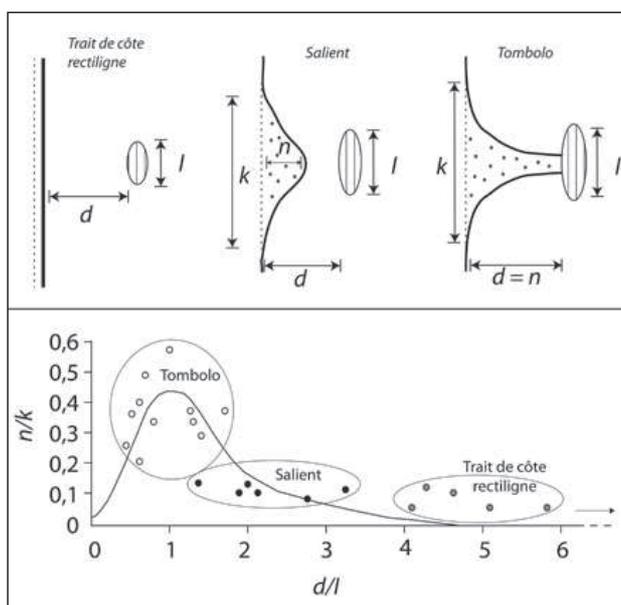


Figure 4 : Paramètres clés de la formation des tombolos (d'après Sunamura et Mizuzo, 1987).

d'un tombolo entre la côte et un brise-lames. Pour un ratio compris entre 0,5 et 1, un salient se formerait. En dessous de cette valeur, il n'y aurait pas de modification du littoral. Ces deux paramètres jouent donc un rôle clef dans la formation des tombolos dont la morphogenèse varie en fonction de différents contextes et processus locaux, tels que la fourniture en sédiment, l'orientation du trait de côte par rapport aux houles et l'environnement météo-marin spécifique à chaque site. Nous présentons dans le tableau 1 les données de longueur et de distance et les ratios associés pour les tombolos présentés dans cet article. De nombreuses îles antiques ont donc été reliées au continent par la formation d'un tombolo. Il peut être (i) simple, comme à Apollonia-du-Pont (Bulgarie), (ii) double, comme à Giens (France) ou (iii) triple lorsque trois flèches littorales enserrent un plan d'eau lagunaire, comme à Orbetello (Italie). L'île du Monte Argentario est reliée au continent par le triple tombolo d'Orbetello (Toscane, Italie. Figure 5A). La première occupation sédentaire est attestée dès le II^e millénaire avant J.-C. sur le promontoire de la Punta degli Stretti, situé sur la façade orientale de l'île dans un secteur très protégé des houles dominantes, à proximité immédiate du seul grau encore praticable entre la lagune et la mer (Dolci, 2014). Cela peut laisser penser qu'une passe était présente dans ce secteur. Par la suite, au cours du VII^e siècle av. J.-C., l'établissement étrusque d'Orbetello a été fondé sur une langue sableuse localisée au centre de la lagune actuelle (tombolo central). Son port bénéficiait alors d'eaux lagunaires calmes. Le comptoir marseillais d'Olbia de Provence, fondé dans le dernier tiers du IV^e siècle av. J.-C. (Ugolini *et al.*, 2010), est situé à la racine occidentale du double tombolo de Giens (Var, France. Figure 5B). Un môle actuellement à fleur d'eau apparaît comme la seule structure portuaire antique identifiée (Long et Cibecchini, 1996). La présence d'un morceau d'amphore pris dans le mortier de l'ouvrage suggère que ce dernier ne peut dater que du dernier quart du I^{er} siècle av. J.-C. et que cet aménagement serait dû au déplacement du port primitif en raison de son colmatage (Long et Vella, 2005). D'après Vella *et al.*, (2000), le tombolo antique était plus large de 30 m dans sa partie occidentale par rapport à l'actuel et la présence d'un milieu lagunaire à l'arrière d'un cordon sédimentaire est attestée dès le Néolithique. De nos jours, des vestiges submergés de ce cordon sont encore visibles à environ 30 mètres en avant du tombolo actuel. Cet exemple illustre bien le rôle protecteur joué par l'île de Giens sur le continent. La cité d'Apollonia-du-Pont, actuelle Sozopol (Bulgarie), représente un sous-type spécifique, du fait de la proximité de la paléo-île à la côte (environ 300 m). Cette île, reliée au continent par un tombolo, peut être considérée comme une péninsule faisant partie intégrante de celui-ci. Cet établissement a été fondé par des colons venus de Milet entre la fin du VII^e siècle av. J.-C.

et le début du VI^e siècle av. J.-C. (Baralis et Hermary, 2010). Les recherches géoarchéologiques préliminaires menées par Morhange *et al.*, (2010) et Baralis *et al.*, (2011) ont démontré que le tombolo s'est formé dès la proto-histoire, c'est-à-dire avant même l'arrivée des

colons milésiens. Les Grecs auraient installé le port d'Apollonia sur une plage au nord-ouest du tombolo localisée dans une zone protégée de la houle par l'île. Cependant, aucune preuve archéologique de la présence de ce port n'est pour l'heure attestée. (Figure 5C).

	Distance à la côte continentale (en m)	Longueur de l'île (en m)	Ratio (d/l) (Sunamura et Mizuzo, 1987)	Ratio (l/d) (Van Rijn, 2013)
Alexandrie	1 300	2 100	0,62	1,62
Apollonia-du-Pont	311	600	0,52	1,93
Clazomènes	700	600	1,17	0,86
Olbia-Giens	4 000	6 000	0,67	1,50
Orbetello	4 500	11 000	0,41	2,44
Ras Ibn Hani	900	2 500	0,36	2,78
Tyr	1 000	2 500	0,40	2,50

Tableau 1 : Mesures de longueur et d'éloignement à la côte des différents tombolos présentés dans ce travail et ratios associés.

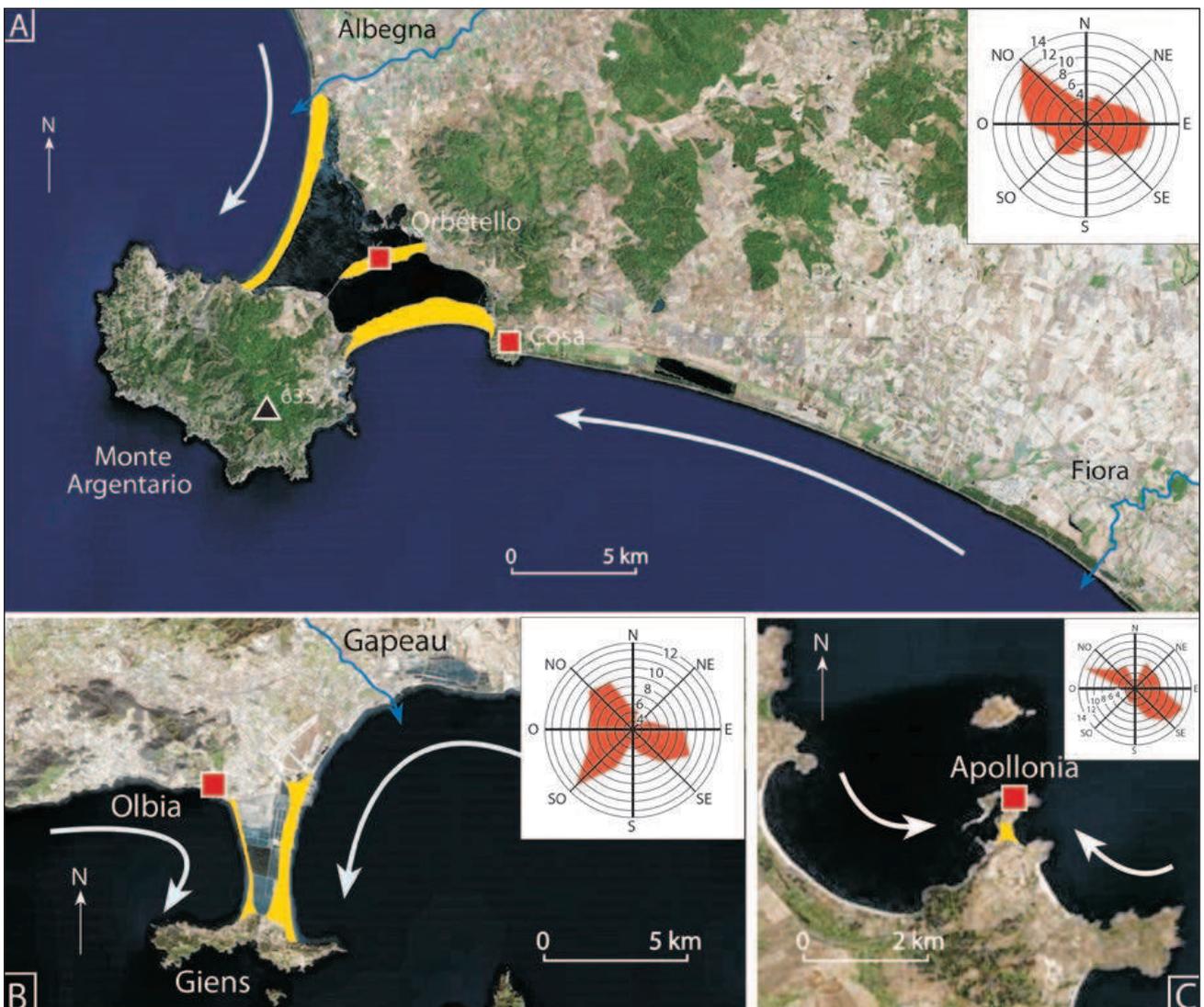


Figure 5 : Triple tombolo d'Orbetello, Italie (A), double tombolo de Giens et la cité d'Olbia de Provence (B), tombolo d'Apollonia du Pont, Bulgarie (C) (images Google Earth).

Rose des vents d'après les données de la station météorologique de Monte Argentario (Orbetello), de l'aéroport de Giens (Olbia de Provence) et de Burgas (Apollonia du Pont), (en nœuds, windfinder.com).

Type 4 : Les ports insulaires reliés au continent par un tombolo et/ou une chaussée artificielle

Type 4.1 : Tombolo et chaussée artificielle

La formation des trois tombolos présentés dans cette partie est liée à une double influence naturelle et anthropique. Nous rapprochons ici trois sites aux caractéristiques semblables : les tombolos de Ras Ibn Hani (Syrie, Figure 6A), de Tyr (Liban, Figure 6C), et d'Alexandrie reliant l'île de Pharos au continent (Égypte, Figure 6B). La formation des tombolos de Tyr et d'Alexandrie s'explique par la création d'une chaussée artificielle sous Alexandre le Grand. Dans le cas de Tyr,

cette chaussée est construite en 332 av. J.-C. (Marriner *et al.*, 2007). À Alexandrie, elle fut réalisée peu de temps après la fondation de la ville en 331 av. J.-C. À Ras Ibn Hani, cette chaussée est antérieure à la période hellénistique (Sanlaville, 1978 ; Dalongeville *et al.*, 1993). Dans ces trois cas, la formation du tombolo peut être divisée en trois étapes majeures (Marriner *et al.*, 2008 ; Marriner *et al.*, 2012 ; Figure 6). Tout d'abord, (i) en raison de la stabilisation du niveau marin depuis environ 6000 ans et des processus hydrodynamiques, un proto-tombolo constitué d'un ou de deux salients sous-marins s'était formé. Des recherches menées à Tyr et à Ras Ibn Hani démontrent une phase d'accrétion rapide à partir de

3500 ans av. J.-C. environ, en relation avec un détritisme important d'origine anthropique lié à la mise en culture des bassins-versants (Marriner *et al.*, 2012.). (ii) C'est sur ce proto-tombolo amphibie que les chaussées vont prendre assise. À Alexandrie, par exemple, la chaussée-tombolo a divisé la baie en deux parties et deux ports hellénistiques ont été installés de part et d'autre (Goiran *et al.*, 2005). (iii) La troisième phase de formation des tombolos consiste en un engraissement de part et d'autre des chaussées. À Alexandrie, les bassins portuaires connaissent même un envasement important (taux de sédimentation : 10 mm/an ; Goiran, 2001).

Type 4.2 : Ports insulaires reliés au continent par une chaussée artificielle n'ayant pas entraîné la formation de tombolo

Ces îles, à l'image de Karantina (Clazomènes, Turquie), dont l'axe majeur se situe perpendiculairement au rivage, ne jouent alors pas le rôle d'obstacle par rapport aux houles. L'énergie n'est donc pas atténuée en arrière de l'île et le piégeage sédimentaire reste limité. Occupée dès le X^e siècle av. J.-C., à proximité du site protohistorique de Liman Tepe (Anatolie occidentale), la cité ionienne de Clazomènes fut par la suite (V^e-VI^e av. J.-C.) déplacée sur l'île voisine de Karantina en raison

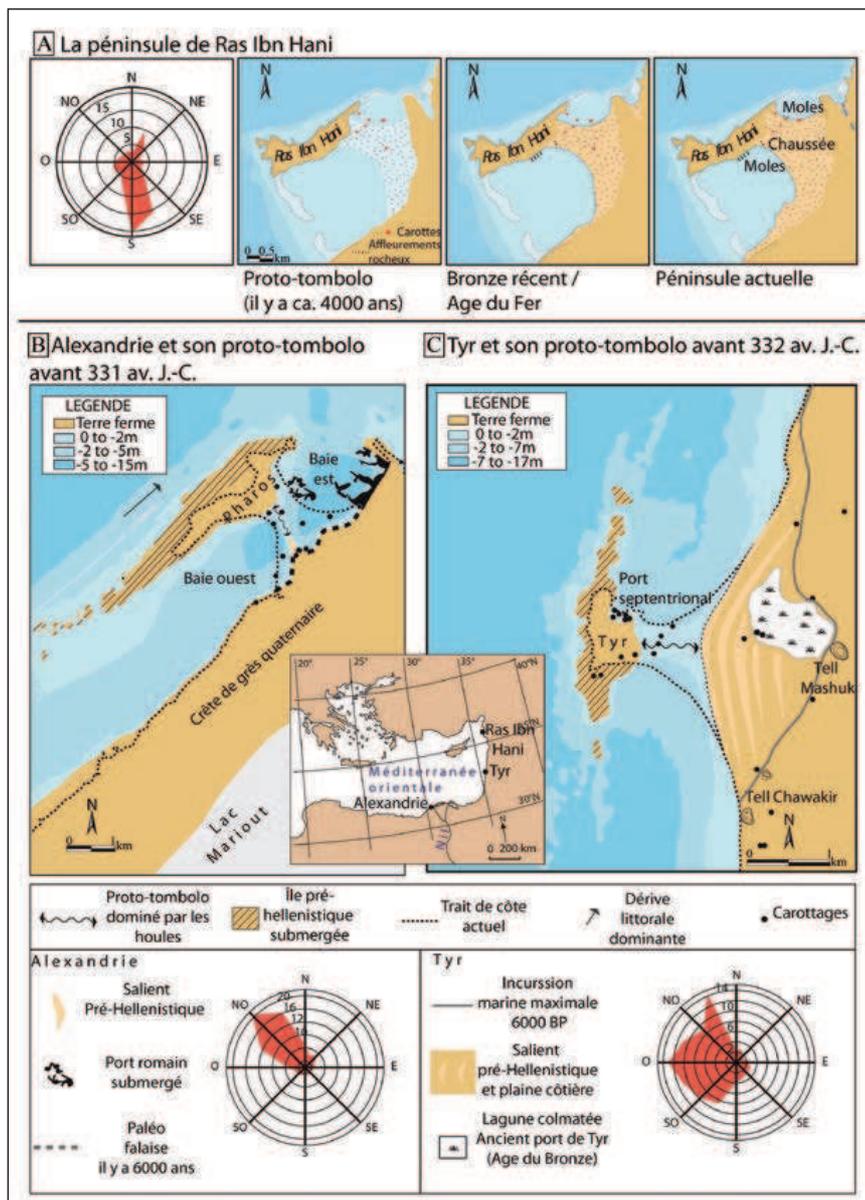


Figure 6 : Évolution morphodynamique et comparaison des tombolos de Ras Ibn Hani, Syrie (A), d'Alexandrie, Égypte (B) et de Tyr, Liban (C) d'après Marriner *et al.*, 2008 et Marriner *et al.*, 2012. Rose des vents d'après les données de la station météorologique de Latakia (Ras Ibn Hani), de Nahariya (Tyr) et de l'aéroport d'Alexandrie (Alexandrie), (en nœuds, windfinder.com).

de la menace perse. Cette relocalisation a été accompagnée d'une migration du port (Krezoski *et al.*, 2007). À l'époque classique et hellénistique, le port est situé sur la façade occidentale de l'île et bénéficie des eaux calmes d'une baie protégée. C'est en 334 av. J.-C. qu'Alexandre le Grand ordonna la construction d'une chaussée reliant l'île au continent (Figure 7). L'édification de cette structure n'a cependant pas entraîné la formation d'un tombolo, contrairement à ce qui s'est produit à Tyr ou à Alexandrie. Cela s'explique surtout en raison d'un budget sédimentaire très modeste (érosion limitée des côtes et apports fluviaux réduits).

Conclusion

Cette étude traitant de la mutation des environnements portuaires dans différents contextes insulaires a permis de mettre en évidence le rôle déterminant du contexte géomorphologique et météo-marin dans l'évolution des îles étudiées, en particulier la position des îles par rapport à la côte et aux embouchures fluviales. Plus

l'île est proche du continent, plus elle sera influencée par la progradation et la régularisation générale des littoraux meubles au cours des 6 000 dernières années. C'est notamment le cas à Apollonia-du-Pont dès la protohistoire. La morphologie et l'orientation des îles jouent alors aussi un certain rôle en ce qui concerne la formation des tombolos. Les îles de Messambria (Bulgarie) et de Tyr (Liban) qui sont de taille similaire n'ont pas du tout eu la même influence sur l'hydrodynamisme marin. L'axe majeur (longueur) de l'île de Tyr se situe parallèlement aux crêtes de houle dominante. Cela induit alors une importante diffraction des houles et un dépôt sédimentaire sur la façade sous le vent au niveau d'une zone très calme de convergence des courants. L'île joue donc parfaitement le rôle d'obstacle. En revanche, l'axe majeur de l'île de Messambria est perpendiculaire aux crêtes de houle. L'effet obstacle de l'île est donc de bien moindre importance, ce qui réduit mécaniquement la diffraction. Par conséquent aucun salient n'est capable de se former, d'autant plus que le budget sédimentaire est particulièrement modeste dans ce cas. Le

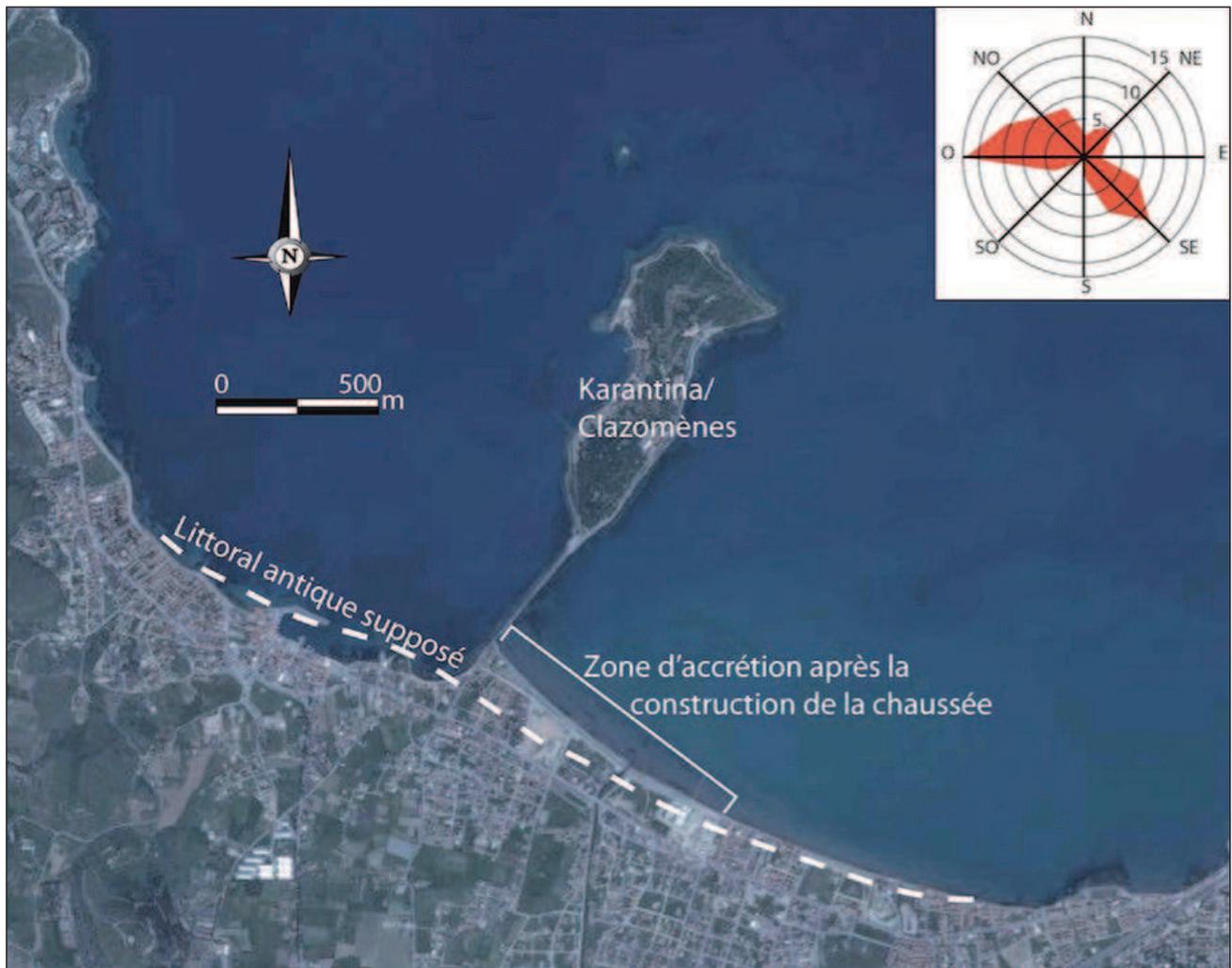


Figure 7 : Contexte géomorphologique de l'île de Clazomènes (Turquie), image Google Earth.
Rose des vents d'après les données de la station météorologique d'Izmir (en nœuds, windfinder.com).

budget sédimentaire apparaît comme l'autre forçage naturel majeur dans la transformation du paysage des îles proximales. Au cours de l'Antiquité, la stabilisation du niveau marin associée à un détritisme terrigène d'origine fluviale très important ont entraîné une régularisation du trait de côte par colmatage des baies deltaïques et l'enclavement des îles et des archipels à proximité des embouchures fluviales (Stanley et Warne, 1994), alors que les côtes rocheuses sont caractérisées par une stabilité beaucoup plus remarquable (Stewart et Morhange, 2009). Ces anciennes embouchures fluviales, si elles posaient de nombreux problèmes ponctuels de navigabilité, constituaient toutefois des espaces particulièrement attractifs car elles offraient de nombreuses potentialités agricoles, piscicoles et commerciales. Les fleuves, à l'image du Rhône, constituaient en effet des axes de pénétration très importants vers l'arrière-pays. Les ressources halieutiques, notamment au sein des lagunes côtières, étaient diversifiées tout comme les apports constants en eau douce nécessaires au développement de l'agriculture et des établissements humains. Cependant, l'hyper-sédimentation était difficile à gérer et le dragage des bassins portuaires était nécessaire (Morhange et Marriner, 2010). Les sites antiques localisés dans d'anciennes rias ou golfes aujourd'hui colmatés (e.g. Milet et Oeniades) mettent bien en exergue l'impact de l'alluvionnement au niveau de base sur les installations portuaires, ces dernières étant relocalisées en fonction de la progradation inéluctable du rivage. Les tombolos les plus importants sont également situés à proximité d'embouchures fluviales majeures. Ainsi, l'imposant tombolo triple d'Orbetello s'est formé en partie grâce aux apports des fleuves Fiora, au sud, et Albegna, au nord. Depuis plusieurs millénaires, les populations littorales ont donc dû s'adapter aux contraintes environnementales et en premier lieu à la métamorphose des rivages par régularisation et colmatage irrémédiable des bassins portuaires et des milieux lagunaires (Morhange et al., 2015b). De manière générale, alors que les îles proximales en contexte estuarien (ria) ou deltaïque présentent des potentialités portuaires à une échelle séculaire, comme Milet ou Oeniades, les îles distales reliées ou non au continent par un tombolo définissent des sites d'occupation portuaire souvent pluri-millénaire, à l'image de Tyr. Certains impacts d'origine anthropique, tels que la construction de chaussées artificielles, n'ont souvent fait qu'accélérer les processus de colmatage deltaïque. Cette première ébauche de typologie semi-quantitative des ports antiques en contexte insulaire mériterait d'être développée en étudiant un nombre plus important de sites insulaires recensés par exemple, par Arthur de Graauw (<http://www.ancientportsantiques.com/>), mais en intégrant plus de variables susceptibles de mettre en lumière d'autres catégories géomorphologiques.

Remerciements

Les auteurs remercient le programme A*MIDEX (ANR-11-IDEX-0001-02) financé par les « Investissements d'Avenir » ainsi que le programme IUF « Géoarchéologie des ports antiques en mer Noire ». Cet article est une contribution au laboratoire d'excellence LABEX OT-Med. Les discussions avec A. De Graauw et F. Bertoncello nous ont permis d'améliorer une première version de l'article, et nous tenons à remercier par ailleurs les relecteurs anonymes pour leurs suggestions constructives qui ont permis d'améliorer la qualité du manuscrit. P. Pentsch (Pôle de Géographie, AMU) a réalisé la majorité des figures de l'article.

Références

- ANTHONY E. J., MARRINER N., MORHANGE C., « Human influence and the changing geomorphology of Mediterranean deltas and coasts over the last 6000 years: From progradation to destruction phase? », *Earth-Science Reviews*, 139, 2014, p. 336-361.
- BARALIS A., HERMARY A., « Présentation générale de l'histoire et de la topographie d'Apollonia », in A. Hermary et al. (éds.), *Apollonia du Pont (Sozopol), la nécropole de Kalfata (V^e - III^e s. av. J.-C.)*, Arles, Errance, 2010, p. 10-18.
- BARALIS A., DEVILLERS B., MARRINER N., MORHANGE C., HERMARY A., « Coastal geoarchaeology of Apollonia Pontica (Bulgaria) », *Méditerranée*, 117, 2011, p. 103-109.
- BONY G., MORHANGE C., KANIEWSKI D., MARRINER N., « Contraintes et potentialités naturelles des bassins portuaires antiques, essai de typologie », in *34^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes « Implantations humaines en milieu littoral méditerranéen : Facteurs d'installation et processus d'appropriation de l'espace, de la Préhistoire au Moyen Âge »*, sous la direction de L. Mercuri, R. González Villaescusa, F. Bertoncello, Antibes, Éditions APDCA, 2014, p. 95-107.
- BROODBANK C., *The Making of the Middle Sea A History of the Mediterranean from the Beginning to the Emergence of the Classical World*, New-York, Oxford University Press, 2013.
- BROODBANK C., STRASSER T.-F., « Migrant farmers and the Neolithic colonization of Crete », *Antiquity*, 65 (247), p. 233-245.
- BRÜCKNER H., VÖTT A., SCHRIEVER A., HANDL M., « Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean – case studies in their historical context », *Méditerranée*, 104, 2005, p. 95-106.
- BRÜCKNER H., MÜLLENHOFF M., VÖTT A., GEHRELS R., HERDA A., KNIPPING M., GEHRELS W.-R., « From archipelago to floodplain - Geographical

- and ecological changes in Miletus and its environs during the past six millennia (Western Anatolia, Turkey) », *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 142, 2006, p. 63-83.
- BRÜCKNER H., KELTERBAUM D., MARUNCHAK O., POROTOV A., VÖTT A., « The Holocene sea level story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Sea », *Quaternary International*, 225, 2010, p. 160-179.
- BRÜCKNER H., HERDA A., MÜLLENHOFF M., RABELL W., STÜMPPEL H., « On the Lion Harbour and other Harbours in Miletos: recent historical, archaeological, sedimentological, and geophysical research », Rune Frederiksen Soren Handb. (eds.), *Proc. Danish Inst. Athens*, 7, 2014, p. 49-103.
- BUNNENS G., « Considérations géographiques sur la place occupée par la Phénicie dans l'expansion de l'empire assyrien », *Studia Phoenicia*, 1-2, 1983, p. 169-193.
- CARAYON N., *Les ports phéniciens et puniques. Géomorphologie et infrastructures*, Thèse de doctorat de l'université Marc Bloch – Strasbourg II, 2008, 1382 p.
- CARAYON N., « Note sur l'organisation spatiale des agglomérations insulaires phéniciennes et puniques », *Méditerranée*, 117, 2011, p. 111-114.
- DALONGEVILLE R., LABOREL J., PIRAZZOLI P.A., SANLAVILLE P., ARNOLD M., BERNIER P., EVIN J., MONTAGGIONI L.F. « Les variations récentes de la ligne de rivage sur le littoral syrien », *Quaternaire*, 4, 1993, p. 45-53.
- DALONGEVILLE R., DESRUELLES S., FOUACHE E., HASENOHR C., PAVLOPOULOS K., « Hausse relative du niveau marin à Délos (Cyclades, Grèce) : rythme et effets sur les paysages littoraux de la ville hellénistique », *Méditerranée*, 108, 2007, p. 17-28.
- DAWSON E., *Mediterranean Voyages: The Archaeology of Island Colonisation and Abandonment*, Londres, University college London, 2014, 400 p.
- DOLCI M., « Paesaggi d'Acque. Survey della laguna di Orbetello e del Monte Argentario », *Lanx*, 17, 2014, p. 24-31.
- FITZPATRICK S.-M., RICK T.-C., ERLANDSON J.-M., « Recent Progress, Trends, and Developments in Island and Coastal Archaeology », *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, disponible en ligne (téléchargé le 24 mars 2015).
- FOUACHE E., DALONGEVILLE R., KUNESCH S., SUC J.P., SUBALLY D., PRIEUR A., LOZOUET P. « The environmental setting of the harbor of the classical site of Oeniades on the Acheloos delta, Greece », *Geoarchaeology*, 20, 2005, p. 285-302.
- GIAIME M., BARALIS A., MARRINER N., MORHANGE C., POROTOV A., « D'un archipel à une plaine deltaïque : géoarchéologie de la péninsule de Taman (sud-ouest de la Russie) », *Géochronique*, 130, 2014, p. 42-45.
- GIAIME M., AVNAIM-KATAV S., MORHANGE C., MARRINER N., ROSTEK F., POROTOV A.V., BARALIS A., KANIEWSKI D., BUCKNER H., KELTERBAUM D., « Evolution of Taman Peninsula's ancient Bosphoruses, south-west Russia: deltaic progradation versus Greek colonisation », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 5, p. 327-335.
- GOIRAN J.-P., *Recherche géomorphologique dans la région littorale d'Alexandrie, Égypte : mobilité des paysages à l'Holocène récent et évolution des milieux portuaires antiques*, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille I, 2001, 240 p.
- GOIRAN J.-P., MARRINER N., MORHANGE C., EL-MAGUIB A., ESPIC K., BOURCIER M., CARBONEL P. « Evolution géomorphologique de la façade maritime d'Alexandrie (Égypte) au cours des six derniers millénaires », *Méditerranée*, 104, 2005, p. 61-64.
- GRAS M., *La Méditerranée archaïque*, Paris, Armand Colin, 1995, 189 p.
- GUILAINE J., « Les réseaux néolithiques : quelques réflexions préalables », in Congrès International Xarxes Al Neolithic - Neolithic Networks Rubricatum, *Revista Del Museu de Gavà*, 2012, p. 21-30.
- KELTERBAUM D., BRÜCKNER H., POROTOV A., « Geoarchaeology of Taman Peninsula (Kerch Strait, South-West Russia) – the Example of the Ancient Greek Settlement of Golubitskaya 2 », *Contributions to Geoarchaeology, Die Erde*, 3, 2011, p. 235-258.
- KREZOSKI M.-M., BOYCE J.-I., REINHARDT E.-G., GOODMAN B., ERKANAL H., SAHOGLU V., « A coastal sediment record of the construction of Alexander the Great's causeway, Clazomenae, Turkey », *GSA Denver Annual Meeting (28–31 October 2007)*, in *Geological Society of America Abstracts with Programs*, Vol. 39, 6, 2007, p. 573.
- LONG L., CIBECCHINI F., « Olbia, structures antiques submergées », *Bilan scientifique du DRASSM*, 1996, p. 91-92.
- LONG L., VELLA C., « Du nouveau sur le paysage de Giens au Néolithique et sur le port d'Olbia. Recherches sous-marines récentes devant l'Almanarre (Hyères, Var) », *Des îles à la côte. Histoire du peuplement des îles de l'Antiquité au Moyen-Âge (Provence, Alpes Maritimes, Ligurie, Toscane)*, Pasqualini M., Arnauld P., Varaldo C. (dir.), Aix-en-Provence, 2005.
- MARRINER N., MORHANGE C., « Geoscience of ancient Mediterranean harbours », *Earth-Science Review*, 80, 2007, p. 137-194.
- MARRINER N., MORHANGE C., MEULÉ S., « Holocene morphogenesis of Alexander the Great's isthmus at Tyr in Lebanon », *PNAS*, 104, 2007, p. 9218-9223.
- MARRINER N., GOIRAN J.-P., MORHANGE C., « Alexander the Great's tombolos at Tyr and Alexandria, eastern Mediterranean », *Geomorphology*, 100, 2008, p. 377-400.

- MARRINER N., GOIRAN J.-P., GEYER B., MATOÏAN V., AL-MAQDISSI M., LÉCONTE M., CARBONEL P., « Ancient harbours and Holocene morphogenesis of the Ras Ibn Hani peninsula (Syria) », *Quaternary Research*, 78, 2012, p. 35-49.
- MORHANGE C., MARRINER N., « Paleo-Hazards in the Coastal Mediterranean: A Geoarchaeological Approach », in Martini I. P. & Chesworth W. (eds.), *Landscapes and Societies* (p. 223-234). Dordrecht : Springer Netherlands, 2010.
- MORHANGE C., DEVILLERS B., MARRINER N., « Étude géomorphologique des rivages d'Apollonia », in Hermay A. (éd.), *Apollonia du Pont (Sozopol), la nécropole de Kalfata (V^e-III^e s. av. J.-C.)*, Arles, Errance, Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine, 5, 2010, p. 23-30.
- MORHANGE C., MARRINER N., CARAYON N., « The geoarchaeology of ancient Mediterranean harbours », in Arnaud-Fassetta G. and Carcaud N. (eds.), *French geoarchaeology in the 21st century*, Paris, CNRS Éditions, 2015a, p. 281-289.
- MORHANGE C., MARRINER N., BARALIS A., BLOT M.-L., BONY G., CARAYON N., CARMONA P., FLAUX C., GIAIME M., GOIRAN J.-P., KOUKA M., LENA A., OUESLATI A., PASQUINUCCI M., POROTOV A. « Dynamiques géomorphologiques et typologie géoarchéologique des ports antiques en contextes lagunaires », *Quaternaire*, 26(2), 2015b, p. 117-139.
- MOURTZAS N.-D., KOLAÏTI E., « Historical coastal evolution of the ancient harbor of Aegina in relation to the Upper Holocene relative sea level changes in the Saronic Gulf, Greece », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392, 2013, p. 411-425.
- MÜLLER C., FOUACHE É., GAIBOV V., GORLOV Y., « Péninsule de Taman (Russie méridionale) », *Bulletin de correspondance hellénique*, 122, 1998, p. 643-654.
- PASQUALINI M., « Cumes : cadre géographique et historique, avant-propos à l'étude des ports (Note) », *Méditerranée*, 94, 2000, p. 69-70.
- REY-COQUAIS J.-P., *Arados et sa Pérée aux époques grecque, romaine et byzantine. Recueil des témoignages littéraires anciens, suivis de recherches sur les sites, l'histoire, la civilisation*, Paris, Geuthner, 1974, 299 p.
- RIDGWAY D., *The First Western Greeks*. Cambridge, Cambridge University Press, 1992, 180 p.
- SANLAVILLE P. « Notes sur la géomorphologie de la presqu'île d'Ibn Hani », *Syria*, 55, 1978, p. 303-305.
- SAUVAGE C., *Routes maritimes et systèmes d'échanges internationaux au Bronze récent en Méditerranée orientale*, Lyon, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, 2012, 374 p.
- SCHLOTZAUER U., ZHURAVLEV D., « Greek colonization in the Cimmerian Bosphorus: Russian-German interdisciplinary investigations in southern Russia », in *Proceedings of the conference "Tyritake. Antique Site at Cimmerian Bosphorus" held on 27-28 November 2013 at the National Museum in Warsaw*, Warsaw, The National Museum in Warsaw, 2014, p. 203-219.
- STANLEY D.-J., WARNE A.-G., « Worldwide Initiation of Holocene marine deltas by deceleration of sea-level rise », *Sciences*, 265, 1994, p. 228-231.
- STEWART I. S., MORHANGE C., « Coastal geomorphology and sea-level change », in *The Physical Geography of the Mediterranean*, Woodward J. (ed.), 2009, Oxford University Press, p. 385-414.
- SUNAMURA T., MIZUZO O., « A study on depositional shoreline forms behind an island », *Annual Report of the Institute of Geosciences, the University of Tsukuba*, 13, 1987, p. 71-73.
- UGOLINI D., ARCELIN P., BATS M., « Établissements grecs du littoral gaulois : Béziers, Agde, Arles et Hyères », in *Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherche : actes du colloque d'Arles (Bouches-du-Rhône), 28-29-30 octobre 2009, sous la direction de Xavier DELESTRE et Henri MARCHESI*, Paris, Errance, 2010, p. 149-164.
- VAN RIJN L., *Design of hard coastal structures against erosion*, téléchargé à partir de <http://www.leovanrijn-sediment.com/papers/Coastalstructures2013.pdf>, 2013, 33 p.
- VELLA C., PROVANSAL M., LONG L., BOURCIER M., « Contexte géomorphologique de trois ports antiques provençaux : Fos, Les Laurons, Olbia », *Méditerranée*, 94, 2000, p. 39-46.
- VIGNE J.-D., ZAZZO A., CUCCHI T., CARRERE I., BRIOIS F., GUILAINE J., « The transportation of mammals to Cyprus sheds light on early voyaging and boats in the Mediterranean sea », *Eurasian Prehistory*, 10(1-2), 2014, p. 157-176.
- VÖTT A., « Silting up Oiniadai's harbours (Acheloo River delta, NW Greece). Geoarchaeological implications of late Holocene landscape changes », *Géomorphologie: Relief Processus environnement*, 1, 2007, p. 19-36.
- VÖTT A., BRÜCKNER H., SCHRIEVER A., HANDL M., BESONEN M., VAN DER BORG K., « Holocene coastal evolution around the ancient seaport of Oiniadai, Acheloo alluvial plain, NW Greece », *Geogr. der Meere und Küsten*, 1, 2004, p. 43-53.
- VÖTT A., SCHRIEVER A., HANDL M., BRÜCKNER H., « Holocene palaeogeographies of the central Acheloo River delta (NW Greece) in the vicinity of the ancient seaport Oiniadai », *Geodinamica Acta*, 20, 2007, p. 241-256.
- WALSH K., *The Archaeology of Mediterranean Landscapes: Human-Environment Interaction from the Neolithic to the Roman Period*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013, 365 p.