



Méditerranée

Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography

117 | 2011
ArchéoMed PaléoMed

La géoarchéologie littorale écartelée entre géo- et archéo-sciences ?

Coastal geoarchaeology : between the geo- and archaeosciences

Christophe Morhange, Antoinette HESNARD et Nick Marriner



Édition électronique

URL : <http://mediterranee.revues.org/5916>
ISSN : 1760-8538

Éditeur

Presses Universitaires de Provence

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2011
Pagination : 55-60
ISSN : 0025-8296

Référence électronique

Christophe Morhange, Antoinette HESNARD et Nick Marriner, « La géoarchéologie littorale écartelée entre géo- et archéo-sciences ? », *Méditerranée* [En ligne], 117 | 2011, mis en ligne le 31 décembre 2011, consulté le 01 octobre 2016. URL : <http://mediterranee.revues.org/5916>

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

Tous droits réservés

La géoarchéologie littorale écartelée entre géo- et archéo-sciences?

Coastal geoarchaeology: between the geo- and archaeosciences

Ch. MORHANGE, A. HESNARD et N. MARRINER

Cette seconde partie comprend plusieurs articles abordant les dynamiques paléoenvironnementales et géoarchéologiques littorales à deux échelles spatiales différentes, régionale et locale. Elle est rédigée par des géomorphologues et des archéologues. Elle pose fondamentalement la question des rapports complexes entre deux ensembles de disciplines, les archéo-sciences et les géo-sciences (MORHANGE, 2001 ; HESNARD, 2004 ; MARRINER et MORHANGE, 2007). Quel est l'intérêt réel d'une approche pluridisciplinaire? Cette démarche est-elle aussi efficace que les auteurs l'affirment?

On note premièrement que les objectifs, les problématiques, les démarches des archéologues sont bien différents de ceux des géomorphologues et des paléoenvironnementalistes. Auraient-ils même tendance à diverger de plus en plus? Si, en France, la géographie est institutionnellement fille de l'histoire, il n'est d'ailleurs pas évident, du point de vue épistémologique, que ces ensembles de disciplines aient été plus proches autrefois et plus lointains maintenant. En faisant un état bibliographique de la recherche et en réfléchissant sur le contenu des articles de cette section, on décèle deux pôles logiquement assez différents.

Le regard et les attentes des archéologues littoralistes

L'intérêt des archéologues pour les paléoenvironnements côtiers est assez récent, même si la question est centrale d'un point de vue paléogéographique. Elle a déjà été parfois posée depuis longtemps comme en Provence (DESJARDINS, 1876) où à Délos (PÂRIS, 1916). De plus, les archéologues n'ont jamais été des utilisateurs passifs des recherches sur la géomorphologie littorale. Ils contribuent au développement de celles-ci par des prospections et des fouilles en milieu terrestre sur des secteurs atterris et en milieu marin sur des sites noyés par la remontée du niveau des mers (LEVEAU, 2004). Il concerne principalement trois objets de recherche toujours abordés d'un point de vue anthropologique :

La variation du niveau marin relatif

Afin d'obtenir un calage paléogéographique et bathymétrique, la variation du niveau de la mer en soi n'a aucun intérêt d'ordre anthropologique. En revanche, les impacts de ces variations sont en relation directe avec la question des risques de submersion. Du point de vue archéologique, cette donnée permet d'estimer les hauteurs de colonne d'eau utiles pour évaluer les tirants d'eau maximum des navires pouvant entrer dans un port par exemple. Quelques études récentes commencent à proposer des estimations comme à *Portus*, port antique de Rome (GOIRAN *et al.*, 2009). La position du paléo-niveau marin daté du III^e au V^e s. ap. J.-C. indique une hausse relative de 80 cm \pm 10 cm depuis cette période. La différence entre cet ancien niveau marin et les données stratigraphiques apporte des informations sur les paléo-profondeurs. Ainsi, à l'entrée du bassin hexagonal de Trajan, la hauteur de la colonne d'eau était de 7 m. Les géomorphologues confirment ce que nous disent les textes des historiens romains. Le bassin de Claude était à la fois trop vaste, mal abrité et trop profond pour fournir un bon abri portuaire aux navires. Tacite indique même, qu'en 62 de notre ère, près de 200 navires furent submergés par une tempête (TACITE, *Annales*, XV, 18, 3).

La mobilité des rivages

Elle retient plus l'intérêt des archéologues car son étude permet une contextualisation indispensable à la compréhension du site archéologique fouillé. Une spécificité de l'archéologie des littoraux vient de ce que les données auxquelles il est fait appel relèvent aussi bien du domaine terrestre que du domaine maritime. En effet, il convient de distinguer deux phénomènes complémentaires et parfois contradictoires, auxquels les archéologues sont parfois insuffisamment sensibilisés, la variation du niveau marin et la mobilité du rivage, l'avancée ou le recul du trait de côte (HESNARD, 2004 ; LEVEAU, 2006). Cette recherche débouche sur un zonage spatial par rapport au niveau de base mobile dans l'espace et dans le temps. Les campagnes géophysiques à



Ampurias (NIETO *et al.*, 2005 ; BONY *et al.*, ce volume), à Cumes (STEFANIUK et MORHANGE, 2010) ou à *Portus* (KEAY *et al.*, 2005) permettent rapidement d'obtenir une cartographie détaillée et des coupes stratigraphiques « virtuelles » qui dressent un zonage rapide, mais hypothétique, des différents environnements terrestres et marins ainsi que des anomalies géophysiques. Cette approche associe la géophysique dans un premier temps à des campagnes de carottages, puis à une étude régressive des documents cartographiques disponibles, enfin à des sondages stratigraphiques. Par exemple, FLAUX (ce volume) montre une évolution du lac Mariout situé à la marge ouest du delta du Nil. Alors, que ce lac a connu depuis 2000 ans une tendance générale à l'assèchement, l'archéologie redécouvre son rôle fondamental en tant qu'axe de communication pendant l'Antiquité. À plus petite échelle encore, CARMONA *et al.* (ce vol.) présentent l'évolution du littoral valencien (Espagne) depuis 6000 ans avec les nombreuses diffluences du fleuve Turia et les problèmes liés à la sédimentation au niveau de base à l'origine d'une progradation du rivage, puis de sa régularisation par métamorphose.

La stratigraphie et la reconnaissance des paléo-environnements

Les campagnes de carottages et la multiplication des sondages, en association avec des analyses de laboratoire sur les lithoclastes et les bio-indicateurs contenus dans les sédiments, aboutissent à des reconstitutions précises des paléo-environnements permettant une compréhension générale du positionnement des sites portuaires. La détermination des faciès de dépôt et des paléo-environnements par le croisement des différentes analyses de laboratoire débouche sur une typologie des milieux physiques en termes de contraintes et de potentialités naturelles. On peut distinguer deux types de publications présentes dans notre ouvrage :

(a) CARAYON (ce volume) ou BARALIS *et al.* (ce vol.) présentent un « discours » historico-archéologique sur la nature des ports étudiés, se réappropriant, synthétisant et interprétant des données primaires antérieurement acquises par les géo- et archéo-sciences. Cette procédure de réécriture permet de ne pas sombrer dans des jugements trop déterministes ; le danger, fort heureusement contourné ici, est de faire de la surinterprétation de données acquises par une discipline connexe. Cette approche aboutit donc à un tableau géographique assez classique dans la forme mais renouvelé sur le fond.

(b) Les articles concernant *Megara Hyblea* (TIRALONGO, ce vol.) et Gênes (MELLI *et al.*, ce vol.) proposent une approche intégrée des deux séries de données géomorphologiques et archéologiques, qui aboutit à des textes qui probablement ne peuvent satisfaire aucune des deux communautés, sauf du point de vue cartographique et paléo-géographique.

L'objectif n'est donc plus de présenter un tableau géographique « vidalien » introductif mais beaucoup plus d'esquisser une contextualisation dynamique des fouilles archéologiques à des échelles et à des périodes différentes. La mobilité des environnements devient une des thématiques principales en tentant de faire la part, avec un succès parfois mitigé et de manière un peu rhétorique, des relations sociétés-environnement.

Les objectifs et les attentes des naturalistes

L'intérêt des naturalistes pour l'étude des paléoenvironnements en contexte archéologique concerne surtout :

La mesure haute résolution et les sources du forçage des variations relatives du niveau de la mer

En relation étroite avec l'émergence il y a quelques décennies du problème du changement climatique global et de l'accélération de la montée générale du niveau de la mer, un intérêt renouvelé pour la mesure des variations relatives du niveau marin en contexte archéologique est apparu (par exemple, PIRAZZOLI, 1976). L'utilisation des vestiges archéologiques portuaires présente en effet trois intérêts principaux pour les naturalistes : (a) ces vestiges permettent de combler un « vide » relatif entre les données des marégraphes qui ne remontent pas à plus de quelques siècles et les « archives bio-géologiques » souvent peu précises dans la fourchette des 6 000 dernières années et dans un contexte de stabilisation du niveau marin. (b) Les structures archéologiques littorales présentent l'intérêt de proposer des supports durs aux organismes marins et donc de pouvoir préserver des étagements biologiques subfossiles à l'origine de la détermination des paléo-niveaux marins (précision centimétrique en mode calme, LABOREL et LABOREL-DEGUEN, 1994). (c) La datation des vestiges par les archéologues, pour les périodes historiques, est souvent



beaucoup plus précise et sûre que les fourchettes radiochronologiques flottantes, imprécises et relatives qui intègrent de nombreux brouillages comme les corrections liées à l'âge réservoir de l'eau de mer ou celui de la calibration. La contrepartie de cette approche est un travail de terrain sur la longue durée, en relation étroite avec l'avancement des décaissements stratigraphiques des chantiers archéologiques. Cet inconvénient apparaît de nos jours comme majeur dans un monde où la recherche scientifique est malheureusement soumise de plus en plus à la « tyrannie de l'urgence » et à la productivité bibliométrique. Les résultats publiés sont en conséquence le plus souvent de qualité médiocre faute de temps. De plus, l'échelle d'interprétation de la majorité des études paléo-environnementales n'est pas locale. Elle est régionale ou « globale » en tentant par une démarche comparative d'interpréter le signal océanique en termes de mobilité crustale (isostatique ou tectonique) ou proprement eustatique, la modélisation hypothético-déductive venant souvent initier ces recherches. Par exemple, l'article peu convaincant mais pourtant très cité de LAMBECK *et al.*, (2004) surestime systématiquement les profondeurs des paléo-niveaux marins en Italie depuis l'époque romaine. Cette « prise en otage » ne peut que discréditer un peu plus l'approche géo-archéologique intégrée, alors qu'un travail patient permet d'obtenir des résultats remarquablement précis (MORHANGE *et al.*, 2001).

Les vitesses du détritisme au niveau de base et l'histoire de l'érosion à l'échelle du bassin-versant

À l'échelle des sites portuaires antiques

Il est particulièrement intéressant d'estimer les vitesses relatives de sédimentation dans un piège artificiel. Ces données reflètent l'histoire de l'érosion des sols en contexte urbain et en zone périphérique en termes d'occupation et d'usage des sols. Deux forçages peuvent cependant brouiller cet archivage sédimentaire, (1) la question de la compaction des dépôts particulièrement dans le cas de sédiments fins et d'origine organique, (2) le problème des dragages, qui semble avoir été effectués dans la majorité des bassins dès l'époque romaine et qui sont à l'origine de nombreux hiatus et d'inversions chronologiques récentes. Les archéologues se sont, petit à petit, accoutumés à travailler avec les géomorphologues qui, grâce à la généralisation des sondages carottés, ont obtenu des résultats remarquables. Pour autant, ils permettent seulement de connaître les conditions physiques dans lesquelles un port a été créé et a évolué sans préjuger des raisons d'une création portuaire ou d'un aménagement du littoral.

À l'échelle des deltas

L'histoire des vitesses de sédimentation reflètent un complexe ensemble de mécanismes climatiques et d'origine anthropique qu'il est difficile de démêler comme en attestent les travaux de DEVILLERS (2005), à Chypre, ou de BRUECKNER *et al.* (2005) en Ionie et en Grèce. En effet, la dissociation des différents forçages est rarement envisageable sauf événement majeur. Ces travaux aboutissent à des cartographies de plus en plus détaillées de la déformation des rivages depuis *ca* 6000 ans. Plus que de tenter de décrypter les rythmes d'un alluvionnement global, les chercheurs tentent donc de spécialiser leurs recherches, par exemple, en direction des impacts des paléo-crués (ARNAUD-FASSETTA et PROVANSAL, 2003 ; BRAVARD, 2006). Les travaux pluridisciplinaires, initiés et entrepris sous la houlette de Mireille Provansal, sur le delta du Rhône, associant la chronologie du fonctionnement fluvial et les déplacements du trait de côte, illustrent parfaitement cette approche croisée et apportent des résultats remarquables (BRUNETON *et al.*, 2001 ; PROVANSAL *et al.*, 2003 ; VELLA *et al.*, 2005).

Ce renouvellement des approches est lié à l'utilisation systématique des méthodes isotopiques de datation depuis une vingtaine d'années. L'abaissement des coûts et l'attribution de financements y jouent un rôle majeur. Les datations isotopiques ont permis de remettre en question les datations autrefois proposées à partir des seules données archéologiques et historiques et ainsi d'assurer l'indépendance de l'histoire de l'environnement par rapport à celle des sociétés (LEVEAU, 2006). Ce progrès s'est accompagné de l'élaboration de nouvelles démarches, comme l'utilisation systématique des bio-indicateurs qui sont précisément ceux que l'on peut dater. D'une manière générale, la connaissance de l'évolution des littoraux bénéficie de l'ensemble des procédures de recherche mise au point par les géosciences de l'environnement pour l'étude des phénomènes d'anthropisation. Cette révolution dans les méthodes de datation a ôté leur exclusivité aux sources écrites et permet une confrontation plus approfondie entre les sources archéologiques et les données naturalistes.



Des relations homme-climat-milieu aux dégradations de l'environnement

L'étude des relations homme-milieu dans le contexte des paléo-environnements littoraux a longtemps été perçue à travers le prisme quasi-unique d'une discipline longtemps reine, la palynologie. Depuis une vingtaine d'années, nous notons au moins deux bouleversements méthodologiques qui n'ont pas encore apporté de progrès heuristique :

Multiplication des proxy utilisés (Miskovsky, 2002)

On est passé de bio-indicateurs assez simples à des associations de marqueurs de plus en plus complexes (comme les phytolithes, les indicateurs de paléo-feux...) dérivant des « révolutions géophysique et géochimique » (révolution quantitative liée à la « démocratisation de la puissance de calcul »). Les recherches méthodologiques portent de plus en plus sur la calibration fonctionnelle des signatures d'anthropisation. Ce développement sans précédent de nouvelles approches aboutit à des reconstitutions beaucoup plus fines des impacts des dynamiques d'anthropisation.

La dialectique homme-milieu

Les analyses sont de plus quantifiées ce qui ne règle pas la question centrale de la dialectique homme-milieu. L'étude du passé enseigne que les écosystèmes littoraux répondent depuis des millénaires à divers types de perturbations d'origines climatique et anthropique, à des échelles spatio-temporelles variées. L'évaluation des réponses des écosystèmes se fait par l'identification des processus engagés, de leur taux de réversibilité, ou de résilience, et des échelles de temps impliquées. Les échelles de temps couvertes par ces processus s'inscrivent dans des cycles de durée variable, annuel à millénaire. L'utilisation et la quantification de bio-indicateurs fossiles (e.g. pollen, spores, microcharbons...) permettent d'estimer les dynamiques des écosystèmes et d'évaluer l'impact différentiel ou cumulé des pressions climatiques et anthropiques sur ces dynamiques grâce aux méthodes de la paléoécologie quantitative. Si les combinaisons et les interférences entre forçage climatique et forçage anthropique restent une des thématiques des plus difficiles à résoudre dans l'étude des dynamiques holocènes, c'est vraisemblablement parce que cette dialectique naturaliste n'est plus toujours pertinente (ALLÉE et LESPEZ, 2006). La recherche d'équivalents actuels est une porte de sortie de ce dilemme. Il faut d'abord passer par la compréhension fine des mécanismes, pas forcément toujours quantifiée d'ailleurs.

Vers une problématique plus anthropologique ?

Le lecteur l'aura compris, l'approche pluri-disciplinaire est redoutablement difficile. Cependant l'archéologie étant par nature une discipline chrono-stratigraphique en termes de méthode, les liens sont donc étroits avec les géosciences. On peut esquisser deux champs de recherche particulièrement prometteurs :

Histoire des paléo-pollutions

Le plomb, par exemple, est emblématique des progrès réalisés par les géosciences afin de mieux préciser l'histoire des dégradations d'origine anthropique. Il constitue en effet un traceur privilégié de l'origine des métaux utilisés en relation avec les échanges commerciaux et les contaminations environnementales associées à la fusion, l'extraction et l'utilisation de ce métal et d'alliages. Les divers minerais dont le plomb est extrait pour des utilisations anthropiques sont caractérisés par des signatures isotopiques spécifiques que l'on retrouve ensuite dans les sédiments et les sols. En outre, ces empreintes d'origine anthropique sont généralement très différentes de celles du plomb naturel, les isotopes stables du plomb permettant de caractériser l'apparition et le développement des activités artisanales. Pendant les périodes d'activité intense, c'est même un traceur efficace de l'origine géographique des minerais et donc une indication complémentaire des routes commerciales. Ce marqueur a déjà été utilisé avec succès dans les sédiments portuaires de Sidon (LE ROUX *et al.*, 2003), de Marseille (LE ROUX *et al.*, 2005) et d'Alexandrie (VÉRON *et al.*, 2006), où nous avons montré non seulement sa capacité de marqueur des activités anthropiques précoces mais aussi ses co-variations avec l'intensité du développement des cités maritimes.

Évaluation des contraintes, potentialités et paléo-risques

Comme l'indique ARNAUD-FASSETTA (ce volume) à propos du domaine fluvial, la question des aléas naturels et des paléo-risques est de plus en plus abordée ces dernières années. En domaine côtier, on note même une dérive récente de type néo-catastrophiste qui est bien illustrée



dans la quête actuelle des dépôts de tsunami dans les bassins portuaires antiques qui a tendance à parfois tourner à l'obsession déterministe. Cette vision d'une « vie en catastrophes » rencontre malheureusement un écho favorable dans les médias et le public, qui risque de masquer les vrais problèmes de vulnérabilité des environnements rencontrés par les sociétés depuis la Préhistoire (MARRINER *et al.*, 2010). Ce retour du catastrophisme ne doit pas brouiller notre perception des enjeux réels entre les sociétés, leurs territoires et les environnements littoraux. Les travaux géoarchéologiques permettent déjà de progresser sur trois points en termes de vulnérabilité des littoraux sur la longue durée (MORHANGE ET MARRINER, 2010).

(a) Impacts de la mobilité relative du niveau de la mer sur les installations littorales (durcification du trait de côte, recul du rivage, submersion...), domaine où les référents actuels sont utiles.

(b) Impacts des événements de haute énergie. Ces recherches permettent de faire la part entre fonctionnement modal et événements exceptionnels souvent morphogènes.

(c) Déformation des rivages et détritisme. Dans un contexte global de décélération du niveau de la mer de plus en plus marqué depuis *ca* 6000 ans, l'évolution géomorphologique principale qui a affecté les littoraux meubles est la régularisation du trait de côte et le colmatage des rias. Cet apport massif de sédiments au niveau de base est à l'origine d'un remplissage accéléré des bassins portuaires antiques et de «course à la mer» des ports. Cette évolution générale devient plus complexe à une échelle plus précise. Par exemple, la contrainte marine diminuant, le forçage fluvial peut devenir prédominant comme pour les deltas durant le Petit Âge de Glace, qui étaient nettement progradants.

En conclusion, comme l'a déjà noté LEVEAU (2006), l'histoire des littoraux anciens ne s'écrit plus du tout comme au XIX^e siècle à partir des sources écrites. Depuis une vingtaine d'années, les recherches pluridisciplinaires ont familiarisé les historiens et les archéologues avec de nouvelles méthodes, en particulier la télédétection, la géomorphologie, la géophysique puis la bio-sédimentologie et la géochimie... qui peuvent mettre en évidence et dater des dynamiques spatio-temporelles des lignes de rivage (voir, par exemple, la tentative de synthèse à propos des ports de Narbonne de FALGUERA *et al.*, 2000). Le recours aux géosciences de l'environnement a donc totalement changé la donne.

Références bibliographiques

- ALLÉE P., LESPEZ L., éd(s), (2006), *L'érosion, entre société, climat et paléoenvironnement*, table ronde en l'honneur du professeur René Neboit-Guilhot, Clermont-Ferrand, Presses universitaires Blaise Pascal, collection Nature & Sociétés, 480 p.
- ARNAUD-FASSETTA G., PROVANSAL M., (2003), Deltas 2003, *Géomorphologie*, 4, p. 207-210.
- BRAVARD J.-P., (2006), Le paléoenvironnement, le géographe et la complexité, in ALLÉE P., LESPEZ L., éd(s), *L'érosion, entre société, climat et paléoenvironnement*, Clermont-Ferrand, presses universitaires Blaise Pascal, collection Nature & Sociétés, p. 25-34.
- BRUECKNER H., VOETT A., SCHRIEVER A., HANDL M., (2005), Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean, case studies in their historical context, *Méditerranée*, 104, p. 95-106.
- BRUNETON H., ARNAUD-FASSETTA G., PROVANSAL M., SISTACH D., (2001), Geomorphological evidence for fluvial change during the Roman period in the lower Rhone valley (southern France), *Catena*, 45, 4, p. 287-312.
- DESJARDINS E., (1876), *Géographie historique et administrative de la Gaule romaine, t.1, Introduction et géographie physique comparée. Epoque romaine-époque actuelle*, Paris, Hachette, 475 p.
- DEVILLERS B., (2005), *Morphogenèse et anthropisation holocènes d'un bassin-versant semi-aride : Le Gialias, Chypre*, thèse de géographie, université d'Aix Marseille I, 421 p., <http://tel.archives-ouvertes.fr>.
- FALGUERA J.-M., FALGUERA F., GUY M., MARSAL A., (2000), Narbonne : cadre naturel et ports à l'époque romaine, *Méditerranée*, 94, p. 15-24.
- GOIRAN J. P., TRONCHÈRE H., COLLALELLI U., SALOMON F., DJERBI H., (2009), Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais de *Portus* : le port antique de Rome, *Méditerranée*, 112, p. 59-67.
- HESNARD A., (2004), Terre submergée, mer enterrée : une « géoarchéologie » du port antique de Marseille, in DE MARIA L., TURCHETTI R. éd(s), *Evolución paleoambiental de los puertos y fundaderos antiguos en el Mediterráneo occidental*. Rubbettino Editore, Soveria Mannelli, 293 p.
- KEAY S., MILLETT M., PAROLI L., STRUTT K., eds, (2005), *Portus*, Archaeological Monographs of the British School at Rome 15, p. 1-360.
- LABOREL J., LABOREL-DEGUEN F., (1994), Biological indicators of relative sea-level variations and co-seismic displacements in the Mediterranean region, *Journal of Coastal Research*, 10, p. 395-415.



- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A., ESPOSITO A., (2004), Sea level in roman time in the central Mediterranean and implications for recent change, *Earth and Planetary Science Letters*, 224, 3-4, p. 563-575.
- LE ROUX G., VÉRON A., MORHANGE Ch., (2003), Geochemical evidences of early anthropogenic activity in harbour sediments from Sidon, *Archaeology and History in the Lebanon*, 18, p. 115-119.
- LE ROUX G., VÉRON A., MORHANGE Ch., (2005), Lead pollution in the ancient harbour of Marseilles, *Méditerranée*, 104, p. 31-35.
- LEVEAU Ph., (2004), Revisiter l'espace et le temps dans le delta du Rhône : archéologie et histoire des zones humides et des milieux deltaïques, in Delta du Rhône. Camargue antique et médiévale, *Bulletin Archéologique de Provence*, sup. 2, p. 13-43.
- LEVEAU Ph., (2006), Les littoraux de Gaule du Sud au premier Age du Fer, du delta de l'Argens au delta de l'Aude, un état de la question, in *Gli Etruschi da Genova ad Ampurias*, Istituti editoriali e poligrafici internazionali, p. 47-60.
- MARRINER N., MORHANGE Ch., (2007), Geoscience of ancient Mediterranean harbours, *Earth Science Reviews*, 80, p. 137-194.
- MARRINER N., MORHANGE Ch., SKRIMSHIRE S., (2010), Geoscience meets the four horsemen? Tracking the rise of neocatastrophism, *Global and Planetary Change*, 74, p. 43-48.
- MISKOVSKY J.-C., (2002), *Géologie de la préhistoire*, Geopre, 1519 p.
- MORHANGE Ch., (2001), *Mobilité littorale de quelques sites portuaires antiques de Méditerranée, Marseille, Pouzzoles, Cumès, Kition et Sidon*. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Provence, CEREGE, 2 vols., en ligne : <http://tel.archives-ouvertes.fr>.
- MORHANGE Ch., LABOREL J., HESNARD A., (2001), Changes of relative sea level during the past 5000 years in the ancient harbour of Marseilles, Southern France, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166, p. 319-329.
- MORHANGE Ch., MARRINER N., (2010), Palaeo-hazards in the coastal Mediterranean: a geoarchaeological approach, in MARTINI, I. P. et CHESWORTH W. (eds), *Landscapes and Societies*. Springer, The Netherlands, p. 223-234.
- NIETO X., REVIL A., MORHANGE Ch., VIVAR G., RIZZO E., AGUELO X., (2005), La fachada marítima de Ampurias : Estudios geofísicos y datos arqueológicos, *Empuries*, 54, p. 71-100.
- PÂRIS J., (1916), Contributions à l'étude des ports antiques du monde grec. II. Les établissements maritimes de Délos, *Bulletin de correspondance hellénique*, 40, p. 5-73.
- PIRAZZOLI P. A., (1976), Sea level variations in the Northwest Mediterranean during Roman times, *Science*, 194, 519-521.
- PROVANSAL M., VELLA C., ARNAUD-FASSETTA G., SABATIER F., MAILLET G., (2003), Role of fluvial sediment inputs in the mobility of the Rhône delta coast (France), *Géomorphologie*, 4, p. 271-282.
- STEFANIUK L., MORHANGE Ch., (2010), Evoluzione dei paesaggi littorali nella depressione sud-ovest di Cuma da 4000 anni. Il problema del porto antico. *Atti 40° colloquio Magna Greccia*, Tarente, p. 305-322.
- VELLA C., FLEURY T.-J., RACCASI G., PROVANSAL M., SABATIER F., BOURCIER M., (2005), Evolution of the Rhône delta plain in the Holocene, *Marine Geology*, 222-223, p. 235-265.
- VÉRON A., GOIRAN J. P., MORHANGE Ch., MARRINER N., EMPEREUR J.-Y., (2006), Pollutant lead reveals the pre-hellenistic occupation and antique growth of Alexandria, Egypt, *Geophysical Research Letters*, 33, L06409, p. 1-4.

