

Contraintes et potentialités naturelles des bassins portuaires antiques, proposition de typologie

Guénaëlle BONY^a, Christophe MORHANGE^a,
David KANIEWSKI^b, Nick MARRINER^c

Résumé

Le long des littoraux, plusieurs phénomènes naturels s'expriment, impactant plus ou moins directement l'aménagement des zones portuaires à différentes échelles spatio-temporelles. À l'échelle de l'événement, les tempêtes, les tsunamis et la mobilité sismique peuvent, par exemple, modifier le trait de côte, entraînant la destruction ou la déconnexion plus ou moins partielle d'un port avec la mer. À l'échelle du temps long, l'alluvionnement des fleuves au niveau de base entraîne le plus souvent une progradation d'origine terrigène du trait de côte à l'origine du colmatage des bassins portuaires. Afin d'estimer semi-quantitativement le poids de ces forçages naturels sur différents sites portuaires antiques, nous avons réalisé une analyse statistique comparative d'une trentaine de ports répartis sur le pourtour du bassin méditerranéen dans différents contextes géomorphologiques, météo-marins et historiques. Cette analyse propose d'intégrer les relations contraintes/potentialités environnementales dans la typologie archéologique traditionnelle des ports.

Mots clés : ports antiques, typologie, risques naturels, haute énergie, détritisme.

Abstract

Several natural coastal phenomena impact directly upon harbor areas. At short time scales, storms, tsunamis and seismic mobility lead to coastal changes causing harbor destruction or land locking from the sea. At longer time scales, fluvial alluviation leads to the infilling of harbor basins. In order to estimate the weight of these natural forces on ancient harbors, we performed comparative statistical analyzes on thirty ancient harbors located in the Mediterranean. These analyzes allow for a more robust harbor typology to be defined, integrating environmental constraints and potentiality.

Keywords : Ancient Harbors, Typology, Natural Hazards, High Energy, Silting.

a. CEREGE (UMR 6635 CNRS/AMU), Europôle méditerranéen de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence, France.

b. EcoLab (UMR 5245), 118, route de Narbonne, Bât. 4R1, 31062 Toulouse, France.

c. CNRS, Laboratoire Chrono-Environnement UMR 6249, Université de Franche-Comté, UFR ST ; 16 route de Gray, 25030 Besançon, France.

Introduction

Comme l'ont déjà souvent écrit et répété les géographes et les historiens depuis la Renaissance, l'humanité exerce son action sur un espace anisotrope, lourd d'héritages géologiques et géomorphologiques. Cet environnement « reçu » est un élément important d'explication de la différenciation spatiale le long des littoraux méditerranéens. Il est le produit de processus géologiques, géomorphologiques, biologiques et météo-marins couplé avec celui des actions d'aménagement des territoires sur la longue durée (PINCHEMEL, PINCHEMEL, 1988; DURAND-DASTÈS, 1990: 147-151).

Bien que la flèche du temps soit continue et linéaire, les processus temporels sont par nature discontinus et les marques du passé inégales et hétérogènes dans l'espace. Par exemple, depuis la création des premiers ports artificiels il y a près de 4500 ans sur les côtes égyptiennes de la mer Rouge (TALET *et al.*, 2012: 399-446), la *spatialisation* des littoraux pose la question du poids des facteurs naturels dans la création, l'aménagement et la typologie des bassins portuaires (MORHANGE, 2000; MARRINER, MORHANGE, 2007: 137-194; BONY, 2013). En Méditerranée orientale, les aménagements portuaires semblent plus récents qu'en mer Rouge. Le plus ancien port construit, daté vers 900 ans avant J.-C. par le radiocarbone sur des charbons de bois, a été étudié à Athlit (Israël), mais l'étude de la céramique laisse à penser aux archéologues qu'il serait un peu plus récent (HAGGI, ARTZY, 2007: 75-84; ARTZY, comm. pers.).

Depuis une vingtaine d'années, l'importance de la prise en compte de l'environnement dans la compréhension des cadres naturels et socio-économiques dans lesquels les sociétés anciennes ont vécu est devenue un axe croissant de recherche pluridisciplinaire, particulièrement en domaine méditerranéen, comme l'ont bien montré, par exemple, les travaux pionniers de Leveau (1999: 99-108; 2012: 26-48) sur les risques de l'eau dans les sociétés antiques et les travaux de l'équipe pluridisciplinaire dirigée par Mireille Provansal (LIPPMANN-PROVANSAL, 1987: 115-124; JORDA, PROVANSAL, 1996: 159-168; LEVEAU, PROVANSAL, 1991: 110-131; PROVANSAL *et al.*, 2000: 13-32).

Les ports antiques constituent des objets géoarchéologiques particulièrement riches. Leur étude permet de mieux comprendre la mobilité des paysages et des sociétés maritimes anciennes. En effet, les sédiments apportés par les fleuves, le ruissellement, les réseaux d'eaux usées et les courants marins sont piégés dans les bassins portuaires pendant plusieurs millénaires. Ces archives sédimentaires permettent des reconstitutions paléoenvironnementales de plus en plus fines. Selon la définition des ports antiques de Marriner et Morhange en 2007 (137-194) ou de Carayon en 2008, les trois paramètres fondamentaux qui définissent un bassin portuaire (contexte géomorphologique, contenu sédimentaire et colonne d'eau) constituent de bons indicateurs des processus naturels et des mémoires environnementales s'exprimant le long des littoraux. Leur étude *multi-proxy* permet la reconstitution fine des environnements anciens et des paléoprocessus qui reflètent des dynamiques sur la longue durée ou traduisent les impacts d'événements plus ponctuels.

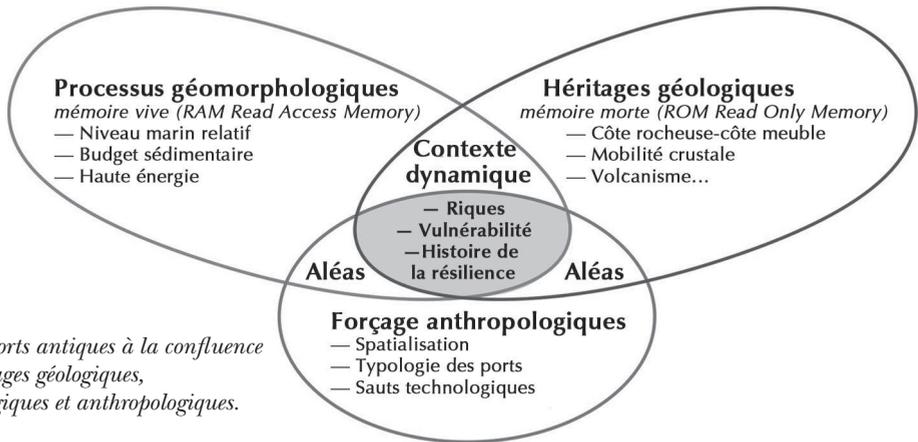


Fig. 1. Les ports antiques à la confluence des trois forçages géologiques, géomorphologiques et anthropologiques.

À la suite des réflexions de Durand-Dastès (1990 : 147-151), on peut opposer schématiquement la mémoire morte subie à la mémoire vive modifiable dans la coévolution des relations société-environnement. En effet, on peut distinguer trois principaux forçages le long des littoraux méditerranéens. Deux sont d'origines naturelles, les mémoires du temps de la nature d'ordre géologique ou géomorphologique ; le troisième paramètre est anthropogénique et concerne les mémoires du temps des hommes (fig. 1).

Les héritages géologiques peuvent sembler correspondre à une nappe de temps « immobile » à l'échelle d'une génération humaine, comme la mobilité crustale de la tectonique globale qui se traduit par la rotation de la plaque africaine vers le nord et aboutit à la réduction progressive de la mer Méditerranée depuis au moins 80 millions d'années (JOLIVET *et al.*, 2008). Cette « longue durée » géologique s'oppose, de manière un peu arbitraire, aux événements géologiques instantanés souvent brutaux qui ont marqué les sociétés littorales, comme les impacts des séismes ou du volcanisme (MORHANGE *et al.*, 2013 : 61-81). Par exemple, la mobilité sismique peut modifier le trait de côte entraînant ainsi la destruction ou la déconnexion plus ou moins partielle du port avec la mer (fig. 2). Ainsi, le port antique de Pouzzoles, au cœur d'une caldeira des champs Phlégréens en Italie méridionale, est actuellement situé environ 8 m sous le niveau marin actuel (MORHANGE *et al.*, 2006 : 93-96).

Ces mémoires inscrites le long des littoraux ont été subies et ont pu difficilement être modifiées par les sociétés à l'échelle d'une génération humaine et avec les quantités d'énergie dont elles disposaient. Le poids de ces « mémoires subies » (DURAND-DASTÈS, 1990 : 147-151) est à l'origine des courants de pensée qui ont longtemps caractérisé la géographie française vidalienne et possibiliste. On oppose cependant trop souvent et de manière un peu trop didactique les forçages géologiques aux processus géomorphologiques affectant « l'épiderme de la Terre » et dont les mémoires (couvert pédologique, système d'érosion, etc.) peuvent être modifiées assez rapidement à l'échelle d'une génération humaine avec la mise en œuvre d'énergies à la portée des sociétés humaines.

À l'échelle du millier d'années, deux paramètres déterminant dans la mobilité des rivages sont donc à l'œuvre : (a) la variation relative du niveau de la mer qui est

en décélération constante depuis au moins 7 000 ans (STANLEY, WARNE, 1994 : 228-231 ; 1997 : 1-7) ; et (b) la mobilité des côtes meubles sous l'influence du budget sédimentaire (pour le cas de Chypre, voir DEVILLERS, 2008 ; essai de synthèse *in*: MORHANGE, MARRINER, 2010 : 223-234). À l'échelle du temps long, les sédiments apportés par les fleuves entraînent une progradation du trait de côte à l'origine du colmatage des bassins portuaires comme c'est le cas pour le port romain de Fréjus enclavé dans les terres à 1,5 km de la ligne de rivage actuelle (BONY *et al.*, 2011a : 701-715 ; fig. 2). Depuis 7 000 ans, la ria holocène de l'Argens a donc été progressivement colmatée par progradation de son delta (DUBAR, 2004 : 47-53 ; DEVILLERS *et al.*, 2007 : 329-336). Cette accumulation de sédiments sur le littoral a entraîné l'avancée et la régularisation du trait de côte et la métamorphose des paysages (BERTONCELLO *et al.*, 2011 : 75-89). Le port de Fréjus, installé artificiellement dans un milieu marin, a été progressivement colmaté puis continentalisé. L'accès à la mer a été de plus en plus difficile (GÉBARA, MORHANGE, 2010 ; BONY *et al.*, 2011a : 701-715).

À l'échelle de l'événement, les processus de haute énergie, comme les tempêtes ou les tsunamis, ont parfois des impacts majeurs sur la morphologie des côtes et le fonctionnement des ports. Par exemple, le bassin byzantin de Théodose (Istanbul, mer de Marmara) a été complètement détruit par l'impact d'un événement de haute énergie au VI^e siècle de notre ère, puis reconstruit (ALGAN *et al.*, 2011 : 30-45 ; BONY *et al.*, 2012 : 117-130).

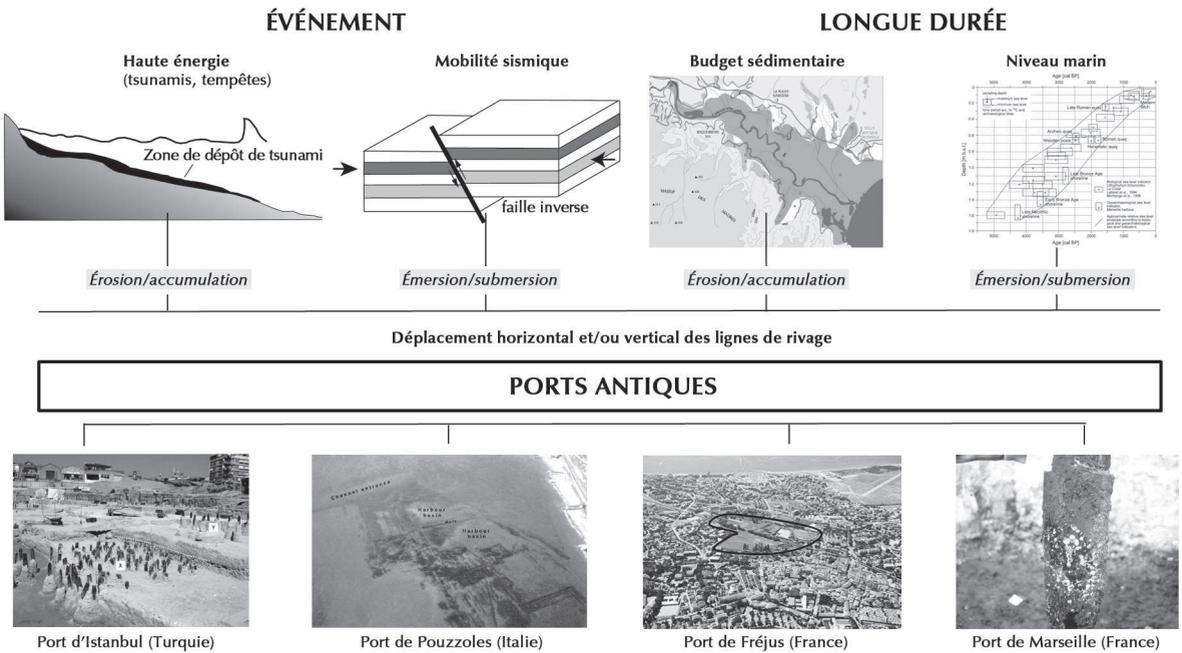


Fig. 2. Exemples de contraintes environnementales s'exprimant sur les littoraux: types, impacts géomorphologiques et conséquences sur les bassins portuaires. Comblement de la ria de l'Argens: DUBAR, 2004 : 47-53 ; courbe de variations du niveau marin: BRUCKNER *et al.*, 2010 : 160-179 ; photographie du port d'Istanbul: PERİNÇEK, 2010 : 73-95 ; photographie du port de Pouzzoles: CNRS, CIB, MORHANGE *et al.*, 2006 : 93-96 ; photographie du port de Fréjus: DRAC PACA ; photographie du port de Marseille: MORHANGE *et al.*, 2003 : 593-604.

Ainsi, les différentes dynamiques naturelles peuvent engendrer des risques et des vulnérabilités spécifiques à des échelles spatio-temporelles variables. L'objectif de cet article est de croiser, par une approche statistique, l'ensemble de ces paramètres afin de déterminer les potentialités environnementales des sites portuaires antiques. Sans tomber dans le déterminisme téléologique de l'histoire technologique, la mise en espace du littoral dépend en partie des maîtrises technologiques, comme l'invention du ciment hydraulique à l'époque romaine (BRANDON *et al.*, 2005 : 25-29). L'objectif est d'écrire une histoire naturelle non déterministe des ports antiques qui débouche sur les questions de risques, de vulnérabilité et de résilience des sociétés.

Méthodologie

Afin d'estimer le poids des forçages environnementaux sur les sites portuaires antiques, nous avons réalisé une série d'analyses statistiques comparatives sur trente ports antiques répartis dans le monde méditerranéen, du golfe du Lion jusqu'à la mer Noire en passant par le bassin levantin et la mer de Marmara. Les résultats des analyses géomorphologiques (carottages sédimentaires principalement) obtenus par l'équipe de géomorphologie du CEREGE (Aix-en-Provence), associés aux données des fouilles archéologiques et aux données publiées par d'autres équipes, ont permis d'établir une base de données permettant l'identification des contraintes environnementales et des réponses sociétales majeures s'exprimant sur les littoraux étudiés : la haute énergie (tempêtes, tsunamis), la mobilité sismique, l'alluvionnement au niveau de base et l'aménagement des bassins portuaires. Cette base de données, de type semi-quantitative, a été obtenue en attribuant un pourcentage en fonction de l'intensité estimée des contraintes s'exprimant sur chacun des ports qui font l'objet de cette étude (fig. 3). Ces données ont été pondérées par standardisation (centrage et

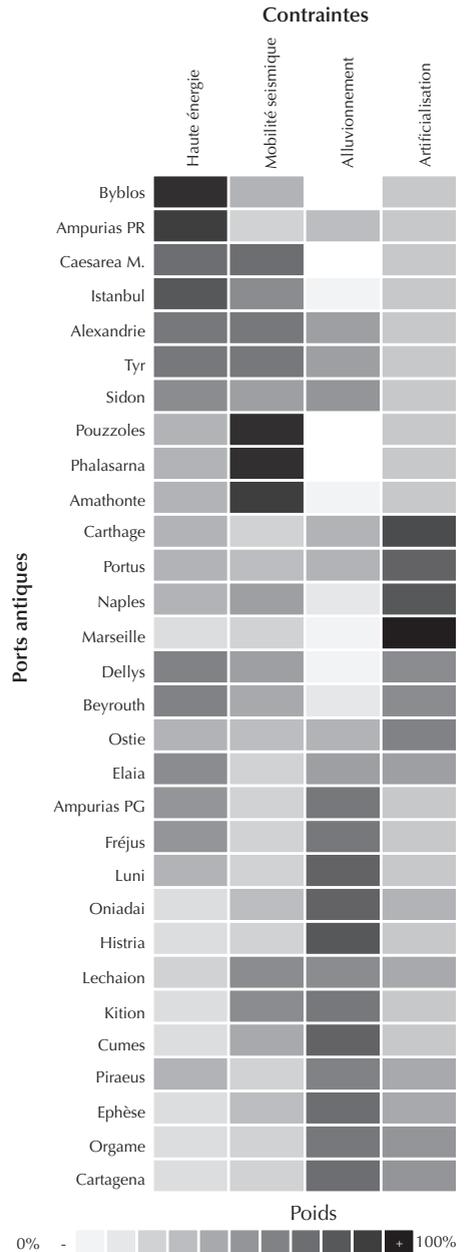


Fig. 3. Tableau représentatif de la base de données « contraintes environnementales-réponses sociétales » établie à partir des données géomorphologiques, archéologiques et bibliologiques sur trente ports antiques méditerranéens (PR = port romain d'Ampurias; PG = port grec d'Ampurias).

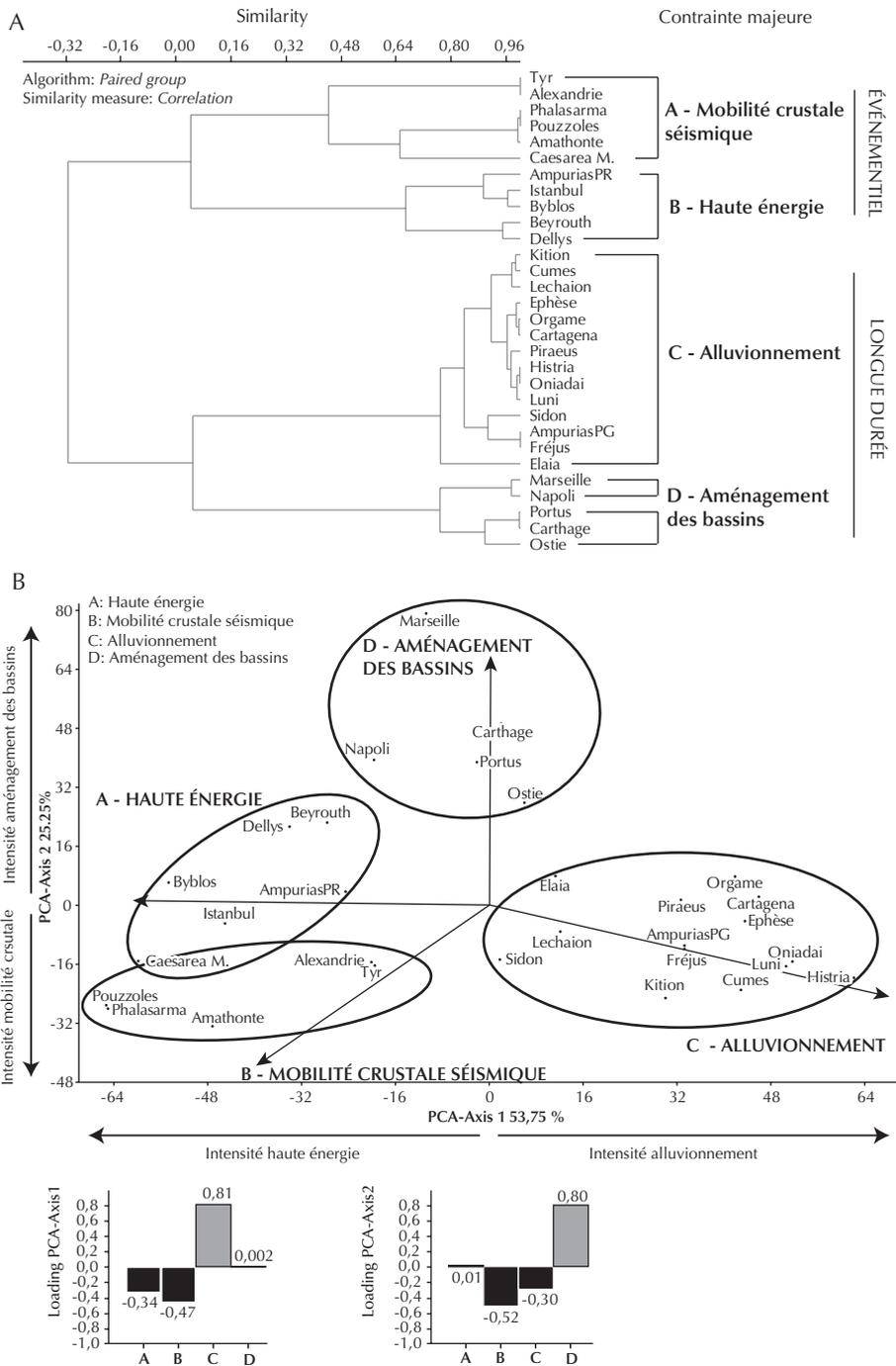


Fig. 4. Analyses statistiques comparatives. A : classification ascendante hiérarchique (CAH); B : analyse en composantes principales (ACP); « loading » de l'ACP: les valeurs positives de l'axe 1 de l'ACP correspondent aux contraintes alluvionnement et aménagement des bassins, les valeurs négatives aux contraintes haute énergie et mobilité crustale; les valeurs positives de l'axe 2 de l'ACP correspondent à la contrainte aménagement des bassins, tandis que les valeurs négatives correspondent aux contraintes haute énergie, mobilité crustale et alluvionnement.

réduction) et testées par *K-means* afin d'éviter tout biais dans l'analyse et de mieux répartir la variance dans la matrice initiale (HAMMER *et al.*, 2001). Deux types d'analyses multifactorielles ont été utilisés :

1. La classification ascendante hiérarchique (CAH; fig. 4-A), est une méthode de classification itérative. C'est un processus qui calcule les longueurs des branches d'un phylogramme en utilisant les branches comme des distances entre deux groupes de données. La mesure de similarité utilisée est la corrélation.
2. L'analyse en composantes principales type *biplot* (ACP; fig. 4-B) est la méthode d'ordination la plus couramment utilisée en traitements multivariés. Elle a permis de synthétiser l'information contenue dans le tableau de données (fig. 3) en réduisant le nombre de variables initiales et en établissant de nouvelles variables (composantes principales ou axes).

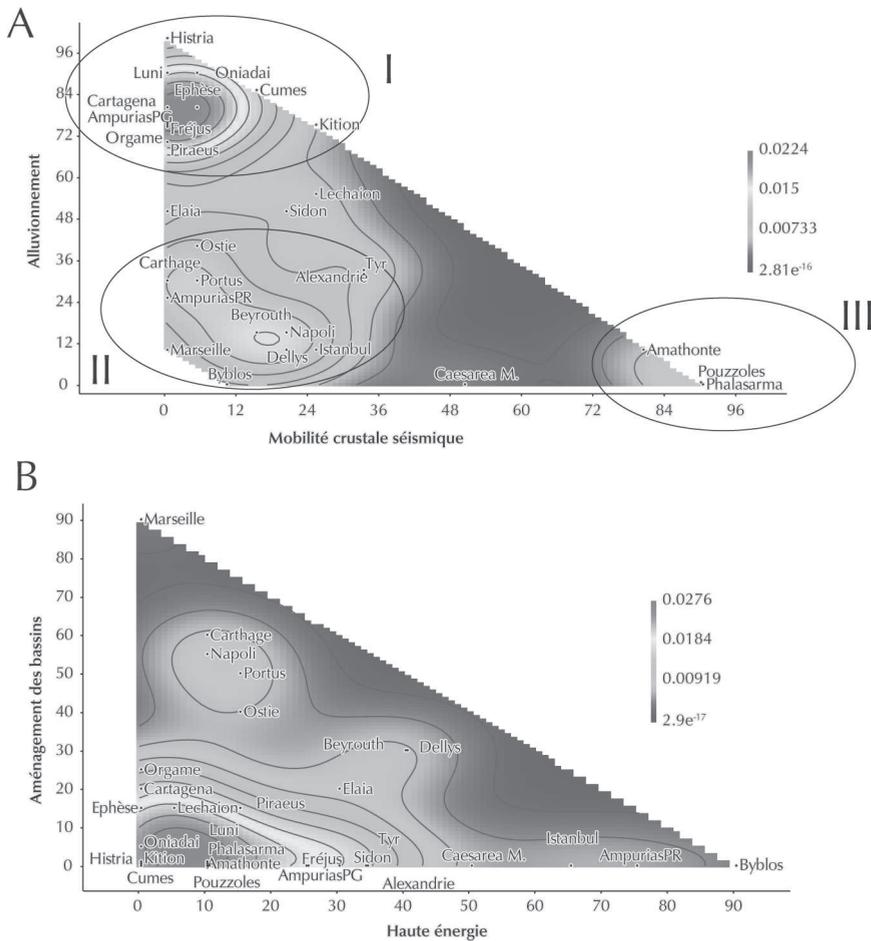


Fig. 5. Estimation par noyau (EN; A : contraintes majeures ; B : contraintes secondaires).

Enfin, une estimation de la densité de la distribution a été générée par la méthode 2D d'estimation par noyau (EN; fig. 5 A-B). Cette méthode permet d'obtenir une carte en deux dimensions de la densité de distribution en fonction des variables sélectionnées. L'ensemble de ces analyses a permis de classer et hiérarchiser les ports selon le type et l'intensité des contraintes environnementales et des réponses sociétales.

Résultats

Classification des ports selon les contraintes environnementales et réponses sociétales

La classification ascendante hiérarchique permet un premier classement arborescent des ports antiques selon le type de contrainte-réponse majeure s'exprimant sur ces sites. Quatre groupes de ports ont été identifiés, correspondant aux quatre variables définies préalablement (A: mobilité crustale sismique; B: haute énergie; C: alluvionnement; D: aménagement des bassins portuaires). Cette analyse, dont la représentation graphique peut être assimilée à un arbre phylogénétique, rassemble entre eux les ports soumis aux mêmes facteurs événementiels (mobilité crustale sismique et haute énergie), les séparant des ports soumis à des forçages agissant sur la longue durée, comme l'alluvionnement au niveau de base et l'aménagement pluriséculaire des bassins portuaires (fig. 4-A). Associée à cette analyse, l'ACP permet, pour chacun des quatre groupes définis préalablement par la classification ascendante hiérarchique, de hiérarchiser les bassins portuaires en fonction de l'intensité des contraintes-réponses (fig. 4-B). Pour l'axe 1, les fortes valeurs positives correspondent à une intensité d'impact majeure de l'alluvionnement sur les ports à proximité d'embouchure fluviale (comme Histria pour le Danube, Cumes pour le Volturno ou Éphèse pour le Méandre), tandis que les valeurs très négatives traduisent une intensité d'impact majeure de la haute énergie. L'axe 2 oppose des ports caractérisés par un aménagement important des bassins (comme Marseille, Carthage ou Naples) à des ports qui ont subi des impacts de mobilité sismique, comme les ports ennoyés d'Amathonte (Chypre) ou d'Alexandrie (Égypte) et soulevés de Phalasarna (Crète).

Cette hiérarchisation des ports s'explique en partie par leur contexte géomorphologique dynamique en fonction de :

1. la localisation en marge plus ou moins distale des embouchures fluviales et des cellules sédimentaires;
2. la localisation dans des régions plus ou moins soumises à une activité tectonique ou susceptibles d'être affectées par des tsunamis;
3. le degré d'ouverture des bassins sur le large et l'orientation de ceux-ci par rapport aux vents dominants;
4. le degré d'artificialisation et de protection du bassin par des ouvrages d'art.

Par exemple, le port hellénistique d'Elaiia en Turquie, situé en marge distale du fleuve Kaikos, a subi un colmatage relativement modeste de son bassin (SEELIGER *et al.*, 2013 : 70-83) par comparaison avec les ports antiques de Fréjus et d'Éphèse, situés respectivement en marge proximale des deltas de l'Argens et du Méandre, et qui sont de nos jours enclavés dans les terres à 1,5 km de la ligne de rivage pour Fréjus (FÉVRIER, 1959 : 38-61 ; 1977 ; DUBAR, 2003 : 263-270 ; 2004 : 47-53 ; EXCOFFON *et al.*, 2006 : 205-221 ; GÉBARA, MORHANGE, 2010) et 7 km pour Éphèse (BRÜCKNER *et al.*, 2005 : 95-106 ; KRAFT *et al.*, 2007 : 121-149 ; STOCK *et al.*, 2013 : 57-69). Nous pouvons aussi citer comme exemple le port de Marseille très éloigné des bouches du Rhône qui est caractérisé par un piégeage sédimentaire relativement modeste (MORHANGE *et al.*, 1995 : 71-76 ; 2003 : 323-334). 2 600 ans après sa fondation, le vieux port de Marseille est toujours fonctionnel. Par comparaison, à Naples, le bassin de l'époque augustéenne est complètement artificiel en relation avec des dragages généralisés du littoral et son surcreusement dans un substrat volcanique afin de l'approfondir (CARSANA *et al.*, 2009 : 14-22). En Israël, le port de *Caesara Maritima* est situé sur une côte particulièrement ouverte sur le large et très peu abritée des houles (REINHARDT *et al.*, 1994 : 37-48 ; REINHARDT, RABAN, 1999 : 811-814). Il est de ce fait logique qu'il soit représenté comme le port le plus sensible à la haute énergie et souvent interprété comme un piège à tsunami (REINHARDT *et al.*, 2006 : 1061-1064 ; DEY, GOODMAN-TCHERNOV, 2010 : 265-284 ; fig. 4-B).

Les ports sont donc tous soumis à une action conjuguée de plusieurs contraintes environnementales et réponses sociétales qui s'expriment de façon plus ou moins importante. L'estimation par noyau évalue ainsi la distribution des ports en fonction des quatre forçages (fig. 5 A-B). Elle détermine, tout d'abord, les deux contraintes environnementales majeures comme étant l'alluvionnement et la mobilité crustale sismique puisque ces dernières impactent un grand nombre de ports (fig. 5-A). Trois pôles sont identifiés. Les deux premiers pôles (I et II) regroupent les ports marqués principalement par les effets de la progradation de la ligne de rivage. Le pôle III regroupe les ports caractérisés par une mobilité crustale déterminante (Amathonte, Pouzzoles, Phalasarna). À l'inverse, la haute énergie et l'artificialisation des bassins constituent des processus secondaires qui différencient assez mal les ports dans l'état actuel de nos recherches. Ces deux forçages s'expriment parfois de manière spectaculaire pour les ports de Marseille, Naples et Carthage (degré d'artificialisation avancé) et pour les ports de Byblos et d'Ampurias [rôle de la haute énergie : (BONY *et al.*, 2011b : 81-87) pour Ampurias et (STEFANIUK *et al.*, 2005 : 283-307) pour Byblos ; (fig. 5-B)].

Conclusion

Cette première ébauche de classification semi-quantitative doit être améliorée afin de mieux prendre en compte les forçages anthropologiques et l'histoire de l'aménagement pluriséculaire des bassins portuaires. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons en déduire que les ports antiques qui font l'objet de

cette recherche sont soumis principalement à la contrainte de l'alluvionnement au niveau de base, dont l'intensité varie en fonction de leur proximité par rapport aux embouchures fluviales et aux cellules sédimentaires. La mobilité crustale constitue une contrainte environnementale majeure rappelant ainsi la dynamique tectonique de la Méditerranée, particulièrement active en Méditerranée centrale et orientale (STEWART, MORHANGE, 2009 : 385-413). L'artificialisation des bassins favorise l'hypersédimentation dans des pièges artificiels à l'origine d'un colmatage accéléré des bassins, entraînant la diminution des profondeurs d'eau et des problèmes d'accessibilité, les rendant rapidement obsolètes (MARRINER, MORHANGE, 2006 : 164-171 ; 2007 : 137-194 ; 2008 : 23-32).

Afin d'étoffer ces premiers résultats statistiques, il est prévu d'augmenter le nombre de ports étudiés en intégrant plusieurs cas provenant du catalogue établi par A. de Graauw (<http://www.ancientportsantiques.com>) qui recense près de 15 000 ports antiques méditerranéens. Cette recherche permettra à terme d'établir une nouvelle typologie fondée sur les contraintes environnementales et en insistant davantage sur les réponses sociétales et les contextes historiques.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les programmes financeurs suivants : l'IUF, l'ANR PALEOMED (2009-2013) et le projet ENVIMED GEOISRAEL. Cet article est une contribution au laboratoire d'excellence LABEX OT-Med (Objectif terre : bassin Méditerranéen) financé dans le cadre des Investissements d'Avenir.

Bibliographie

- ALGAN O., YALÇIN M. N., ÖZDOĞAN M., YILMAZ Y., SARI E., KIRCI-ELMAS E., YILMAZ İ., BULKAN Ö., ONGAN D., GAZIOĞLU C. *et al.*, 2011.– Holocene coastal change in the ancient harbor of Yenikapı–İstanbul and its impact on cultural history, *Quaternary Research*, 76, p. 30-45.
- BERTONCELLO F., BONNET S., EXCOFFON P., BONY G., MORHANGE C., GÉBARA C., GEORGES K., 2011.– Dynamique du littoral et peuplement : le cas de la colonie romaine de Fréjus, *in*: M. PASQUALINI (textes réunis par), *Fréjus romaine, la ville et son territoire. Agglomérations de Narbonnaise, des Alpes-Maritimes et de Cisalpine à travers la recherche archéologique*, actes du 8^e Colloque historique de Fréjus, 8-10 octobre 2010, Antibes, Éd. APDCA, p. 75-89.
- BONY G., 2013.– *Contraintes et potentialités de quelques sites portuaires antiques de Méditerranée (Fréjus, Ampurias, Kition, Orgame, Istanbul)*, thèse de doctorat en géographie physique, université d'Aix-Marseille, 320 p.
- BONY G., MORHANGE C., BRUNETON H., CARBONEL P., GÉBARA C., 2011a.– 2 000 ans de colmatage du port antique de Fréjus (*Forum Julii*), France : une double métamorphose littorale, *Comptes rendus Geoscience*, 343, p. 701-715.
- BONY G., MORHANGE C., MARRINER N., NIETO X., 2011b.– Géoarchéologie du port grec d'Empuriès : un port ouvert ou fermé?, *Méditerranée*, 117, p. 81-87.
- BONY G., MARRINER N., MORHANGE C., KANIEWSKI D., PERİNÇEK D., 2012.– A high-energy deposit in the Byzantine harbour of Yenikapı, Istanbul (Turkey), *Quaternary International*, p. 117-130.

- BRANDON C., ROBERT L., HOHLFELDER J., OLESON J.-P., STERN C., 2005.– The Roman Maritime Concrete study (ROMACONS) : the harbour of Chersonisos in Crete and its Italian connection, *Méditerranée*, 104, p. 25-29.
- BRÜCKNER H., VÖTT A., SCHRIEVER A., HANDL M., 2005.– Holocene delta progradation in the Eastern Mediterranean – case studies in their historical context / Progradation deltaïque holocène en Méditerranée : étude de cas, *Méditerranée*, 1-2, p. 95-106.
- BRÜCKNER H., KELTERBAUM D., MARUNCHAK O., POROTOV A., VÖTT A., 2010.– The Holocene sea level story since 7500 BP – Lessons from the Eastern Mediterranean, the Black and the Azov Seas, *Quaternary International*, 225, p. 160-179.
- CARAYON N., 2008.– *Les ports phéniciens et puniques. Géomorphologie et infrastructures*, thèse de doctorat en sciences de l'Antiquité – Archéologie, université de Strasbourg II-Marc Bloch, UFR des sciences historiques, 1384 p.
- CARSANA V., FEBBRARO S., GIAMPAOLA D., GUASTAFERRO C., IROLLO G., RUELLO M. R., 2009.– Evoluzione del paesaggio costiero tra Parthenopee Neapolis, *Méditerranée*, 112, p. 14-22.
- DEVILLERS B., 2008.– *Holocene morphogenesis and anthropisation of a semi-arid watershed, Gialias river, Cyprus*, *BAR International*, series 1775, 197 p.
- DEVILLERS B., EXCOFFON P., MORHANGE C., BONNET S., BERTONCELLO F., 2007.– Relative sea-level changes and coastal evolution at Forum Julii (Fréjus, Provence), *Comptes rendus Geoscience*, 339, p. 329-336.
- DEY H., GOODMAN-TCHERNOV B., 2010.– Tsunamis and the port of Caesarea Maritima over the “longue durée” : a geoarchaeological perspective, *Journal of Roman Archaeology*, 23, p. 265-284.
- DUBAR M., 2003.– Les deltas holocènes de la Provence orientale et de la Riviera française : héritage morphologique, genèse et vulnérabilité, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 4, p. 263-270.
- DUBAR M., 2004.– L'édification deltaïque du Bas Argens (Var, France) durant la Protohistoire et l'Antiquité. Application d'un modèle numérique 2D à l'archéologie, *Méditerranée*, 102, p. 47-53.
- DURAND-DASTÈS F., 1990.– La mémoire de Gaïa, in : *Géopoint 90, Histoire, temps et espace*, actes du Colloque organisé par le Groupe Dupont, université d'Avignon, p. 147-151.
- EXCOFFON P., DEVILLERS B., BONNET S., BOUBY L., 2006.– Nouvelles données sur la position du littoral antique de Fréjus. Le diagnostic archéologique du « théâtre d'agglomération » (Fréjus, Var), *ArchéoSciences*, 30, p. 205-221.
- FÉVRIER P.-A., 1959.– La basse vallée de l'Argens. Quelques aspects de la vie économique de la Provence orientale aux XV^e et XVI^e siècles, *Provence historique*, IX, 35, p. 38-61.
- FÉVRIER P.-A., 1977.– *Fréjus (Forum Julii) et la basse vallée de l'Argens*, *Institut international d'études ligures*, 205 p.
- GÉBARA C., MORHANGE C., 2010.– Fréjus (*Forum Julii*) : le port antique / The ancient harbour, *Journal of Roman Archaeology*, suppl. series 77, 152 p.
- JOLIVET L., BRUN J.-P., MEYER B., PROUTEAU G., ROUCHY J.-M., SCAILLE B., 2008.– *Géodynamique méditerranéenne*, Paris, Éditions Vuibert, coll. SGF, 216 p.

- JORDA M., PROVANSAL M., 1996.– Impacts de l'anthropisation sur le détritisme en France du S.E. (Alpes du Sud et Provence), *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167, 1, p. 159-168.
- HAGGI A., ARTZY M., 2007.– The harbor of Atlit in Northern Canaanite / Phoenician Context, *Near Eastern archaeology*, 70, 2, p. 75-84.
- HAMMER Ø., HARPER D. A. T., RYAN P. D., 2001.– PAST: Paleontological Statistics Software package for Education and Data Analysis, *Palaeontologia Electronica*, 4, 1, 9 p.
- KRAFT J. C., BRÜCKNER H., KAYAN I., ENGELMAN H., 2007.– The Geographies of Ancient Ephesus and the Artemision in Anatolia, *Geoarcheology*, 22, p. 121-149.
- LEVEAU P., 1999.– L'hydrologie du Rhône, les aménagements du chenal et la gestion territoriale de ses plaines en aval d'Orange, *Gallia*, 56, p. 99-108.
- LEVEAU P., 2012.– Attraits et risques de l'eau dans les sociétés antiques. Retour critique sur la problématique du risque fluvial, *in*: J.-P. BOST (dir.), *L'eau : usages, risques et représentations dans le sud-ouest de la Gaule et le nord de la péninsule Ibérique, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive (I^{er} s. a. C. – VI^e s. p. C.)*, Pessac, Aquitania supplément 21, Saldvie Hors série, p. 26-48.
- LEVEAU P., PROVANSAL M., 1991.– Construction deltaïque et histoire des systèmes agricoles, le cas d'un petit delta: l'Arc, étang de Berre, *RAN*, 24, p. 110-131.
- LIPPMAN-PROVANSAL M., 1987.– Variations récentes du trait de côte sur les sites de Velia et Paestum, *Archéologie et déplacements des lignes de rivages en Méditerranée*, Colloque international du CNRS, Paris, CNRS Éditions, p. 115-124.
- MARRINER N., MORHANGE C., 2006.– Geoarchaeological evidence for dredging in Tyre's ancient harbour, Levant, *Quaternary Research*, 65, p. 164-171.
- MARRINER N., MORHANGE C., 2007.– Geoscience of ancient Mediterranean harbours, *Earth-Science Review*, 80, p. 137-194.
- MORHANGE C., 2001.– *Mobilité littorale de quelques sites portuaires antiques de Méditerranée: Marseille, Pouzsoles, Cumès, Kition, Sidon*, habilitation à diriger des recherches, université de Provence, CEREGE, 180 p.
- MORHANGE C., MARRINER N., 2010.– Palaeo-hazards in the coastal Mediterranean: a geoarchaeological approach, *in*: I. P. MARTINI, W. CHESWORTH (éd.), *Landscapes and Societies*, p. 223-234.
- MORHANGE C., MARRINER N., 2008.– Mind the stratigraphic gap: Roman dredging in ancient Mediterranean harbours, *Bollettino di archeology*, p. 23-32.
- MORHANGE C., LABOREL J., HESNARD A., PRONE A., 1995.– Déplacement des lignes de rivage et mobilité du plan d'eau sur la rive nord du Lacydon de Marseille, *Méditerranée*, 82, p. 71-76.
- MORHANGE C., BLANC F., SCHMITT-MERCURY S., BOURCIER M., CARBONEL P., OBERLIN C., PRONE A., VIVENT D., HESNARD A., 2003.– Stratigraphy of late-Holocene deposits of the ancient harbour of Marseilles, southern France, *The Holocene*, 13, p. 593-604.
- MORHANGE C., MARRINER N., LABOREL J., TODESCO M., OBERLIN C., 2006.– Rapid sea-level movements and noneruptive crustal deformations in the Phlegrean Fields caldera, Italy, *Geology*, 34, p. 93-96.

- MORHANGE C., SALAMON A., BONY G., FLAUX C., GALILI E., GOIRAN J.-P., ZVIELY D., 2013.– Geoarchaeology of tsunamis and the revival of neo-catastrophism in the Eastern Mediterranean, *ROSAPAT*, 11, p. 61-81.
- PINCHEMEL P., PINCHEMEL G., 1988.– *La Face de la Terre, Éléments de géographie*, Paris, Armand Colin, 519 p.
- PERİNÇEK D., 2010.– Yenikapı kazı alanının son 8000 yıllık jeoarkeolojisi ve do al afetlerin jeolojik kesitteki izleri. The Geoarchaeology of the Yenikapı Excavation Site in the Last 8000 years and Geological Traces of Natural Disasters (Istanbul, Turkey), *General Directorate of Mineral Research and Exploration Journal*, 141, p. 73-95.
- PROVANSAL M., BRAVARD J.-P., BERGER J.-F., 2000.– Fluctuations hydro-morphologiques du Rhône et sociétés fluviales, de Genève à la mer, *Gallia*, 56, p. 13-32.
- REINHARDT E. G., PATTERSON R. T., SCHRÖDER-ADAMS C. J., 1994.– Geoarchaeology of the ancient harbor site of Caesarea Maritima, Israël: Evidence from Sedimentology and Paleoecology of Benthic Foraminifera, *Journal of Foraminifera Research*, 24, p. 37-48.
- REINHARDT E. G., RABAN A., 1999.– Destruction of Herod the Great's harbor at Caesarea Maritima, Israel – Geoarchaeological evidence, *Geology*, 27, p. 811-814.
- REINHARDT E. G., GOODMAN B. N., BOYCE J. I., LOPEZ G., VAN HENGSTUM P., RINK W. J., MARTY, RABAN A., 2006.– The tsunami of 13 December AD 115 and the destruction of Herod the Great's harbor at Caesarea Maritima, Israel, *Geology*, 34, p. 1061-1064.
- SEELIGER M., BARTZ M., ERKUL E., FEUSER S., KELTERBAUM D., KLEIN C., PIRSON F., VÖTT A., BRÜCKNER H., 2013.– Taken from the sea, reclaimed by the sea: The fate of the closed harbour of Elaia, the maritime satellite city of Pergamum (Turkey), *Quaternary International*, p. 70-83.
- STANLEY J. D., WARNE A. G., 1994.– Worldwide initiation of Holocene marine deltas by develevation of sea-level rise, *Science*, 265, p. 228-231.
- STEFANIUK L., MORHANGE C., SAGHIEH-BEYDOUN M., FROST H., BOUDAGHER-FADEL M., BOURCIER M., NOUJAIM-CLARK G., 2005.– Localisation et étude paléoenvironnementale des ports antiques de Byblos, *Bulletin d'archéologie et d'architecture libanaïses*, hors série 2, p. 19-41.
- STEWART I., MORHANGE C., 2009.– Coastal geomorphology and sea-level change, in: J. Woodward (éd.), *The physical geography of the Mediterranean*, Oxford, Oxford University Press, p. 385-413.
- STOCK F., PINT A., HOREJS B., LADSTÄTTER S., BRÜCKNER H., 2013.– In search of the harbours: New evidence of Late Roman and Byzantine harbours of Ephesus, *Quaternary International*, p. 57-69.
- TALET P., MAROUARD G., LAISNEY D., 2012.– Un port de la IV^e dynastie au Ouadi al-Jarf (mer Rouge), *Bulletin de l'Institut français d'archéologie orientale*, 112, p. 399-446.