

# Résultats préliminaires de la mise en évidence de viviers taillés dans la roche le long de la côte de Tyr au Liban. Implication pour la reconstruction du niveau de la mer ancienne

JEAN-PHILIPPE GOIRAN, STOIH CHAPKANSKI, EMMANUEILLE RÉGAGNON, KOSMAS PAVLOPOULOS  
et ERIC FOUACHE

*L'occupation humaine du "pourtour méditerranéen" dans l'Antiquité a laissé un riche héritage de vestiges archéologiques le long du littoral. Les relations étroites entre le niveau de la mer et l'élévation des structures côtières pendant la construction (en particulier les réservoirs à poissons) permettent de suivre avec précision les variations du niveau de la mer à travers les âges. S'appuyant sur les travaux de terrain menés par Jean-Baptiste Yon et Pierre-Louis Gatier (Mission archéologique de Tyr - HiSoMa), et financés par la Honor Frost Foundation, cette étude vise à réexaminer les anciennes estimations de l'élévation relative du niveau de la mer (ERS), sur la base de la découverte récente de deux réservoirs à poissons sur le littoral près de Tyr. Les données archéologiques, chronologiques et topographiques nous amènent à penser que le niveau de la mer a augmenté de 0,6 m depuis l'époque romaine.*

**Mots-clés** : niveau de la mer, aquarium antique, Tyr.

## Introduction

Les variations du niveau de la mer sont induites par des facteurs eustatiques (expansion et rétrécissement des calottes glaciaires et des glaciers de montagne, changement du volume de l'eau des océans résultant de modifications de la température de l'eau ; soulèvement et affaissement isostatiques et flexuraux du sol dus à l'écoulement du manteau terrestre sous l'effet du chargement et du déchargement de la glace et de l'eau sur les continents et les océans), et par des déterminants tectoniques (contraction ou étirement de la croûte terrestre, et convection du manteau) (Flemming 1969 : 10 ; Waelbroek *et al.* 2002 : 297 ; Lambeck *et al.* 2004a : 1567 ; Pirazzoli 2005 : 1990). Dans les régions tectoniquement actives, comme la rive orientale de la mer Méditerranée (Morhange *et al.* 2006 : 99 ; Anzidei *et al.* 2010 : 14), la compréhension des processus eustatiques et tectoniques est essentielle pour comprendre l'origine et la variabilité spatiale des changements relatifs du niveau de la mer. L'archéologie

(Pirazzoli 1976 ; Caputo et Pieri 1976 : 5787 ; Rovere *et al.* 2011 : 2) peuvent suivre les altérations relatives du niveau de la mer avec une grande précision au cours des temps historiques, en particulier lorsque l'amplitude de la marée est faible, comme dans le cas de la mer Méditerranée orientale. Dans de tels contextes, les structures côtières sont conçues pour fonctionner correctement dans une gamme restreinte d'élévation du niveau de la mer (Antonioli *et al.* 2007 : 2471). Par conséquent, une analyse minutieuse des éléments architecturaux des ports, tels que les quais, les cales, les carrières, les réservoirs à poissons et les canaux d'approvisionnement en eau, peut révéler les niveaux marins régionaux passés. Les réservoirs à poissons bien étudiés de la région méditerranéenne centrale ont été trouvés principalement le long du littoral tyrrhénien de l'Italie (Schmeidt 1972 : Annexe-Partie 1 ; Lambeck *et al.* 2004b : 564 ; Evelpidou *et al.* 2012 : 261). Moins de réservoirs à poissons ont été formellement explorés dans l'ouest (Morhange *et al.*

2013 : 364) et le bassin méditerranéen oriental (Mourtzas 2012a ; 885, b : 2394). Les bassins ont été adaptés à la morphologie locale, à la dynamique des courants côtiers et au type d'élevage (Evelpidou *et al.* 2012, 260). Des canaux reliaient les bassins à la haute mer par des canaux qui assuraient une recharge constante en eau ; ils sont particulièrement utiles pour définir le niveau de la mer dans le passé.

Cet article fournit des estimations préliminaires des variations relatives du niveau de la mer rendues par ces réservoirs à poissons récemment découverts dans la roche (fig. 1). Il a été réalisé sous la supervision et l'assistance technique de Jean-Baptiste Yon et Pierre-Louis Gatier, dans le cadre de la *Mission archéologique de Tyr* (MAT - HiSoMa), et financé par la MAT et la Honor Frost Foundation. Les résultats sont ensuite comparés aux précédentes reconstructions du niveau de la mer dans cette zone (Morhange *et al.* 2003 : 83 ; Mariner *et al.* 2006 : 1), qui avaient documenté une élévation du RSL de +2 m et +3,5 m respectivement. Nous discutons ces divergences en tenant compte de la force et des limites des méthodes utilisées dans chaque étude. Ici, notre reconstruction est basée sur deux hypothèses majeures. En l'absence de contraintes sur la date de construction, nous supposons que les réservoirs à poissons ont été construits au cours de la dernière période romaine ou au début de la période byzantine, lorsque de telles structures maritimes étaient populaires, communément appelées *piscinae* et décrites par l'auteur latin Columella (Darembert et Saglio 1873). Cette hypothèse est soutenue par P. L. Gatier, J-B. Yon et J. Abdul Massih, et par le fait que l'on sait que les

Le littoral de Tyr a connu sa plus grande concentration de constructions maritimes au cours des époques hellénistique, romaine et byzantine.

Nous supposons que, pour assurer le remplissage en eau des réservoirs, les canaux d'alimentation devaient se trouver au niveau de la mer au moment de leur construction. Ils constituent donc des indicateurs archéologiques fiables pour déterminer les variations passées du niveau de la mer.

## Approche méthodologique

Les relevés des caractéristiques morphologiques des aquariums ont été effectués à l'aide d'un GPS différentiel Trimble offrant une grande précision altitudinale (à un centimètre près). Des mesures du niveau de la mer ont été effectuées régulièrement à marée basse et à marée haute, en l'absence de vent et de houle. Les données GPS brutes ont été projetées sur un géoïde universel (basé sur le modèle gravitationnel EGM 96). Les élévations altimétriques ont ensuite été corrigées pour correspondre au système de référence du nivellement général du Liban (GLN) en utilisant les sites archéologiques voisins déjà corrélés à ce système de référence. Pour ce faire, et sur la base de nos observations de terrain, nous avons supposé que le niveau de la mer du GLN sur ces sites archéologiques correspondait au niveau de la mer biologique. Ainsi, à l'instar de (Pérès et Picard 1964 : 7), nous avons utilisé ce repère, également présent au niveau des viviers, pour calibrer la hauteur des viviers par rapport à ces sites archéologiques. Le niveau biologique de la mer coïncide avec la limite entre la zone infralittorale (subtidale) et la zone intertidale, c'est-à-dire,

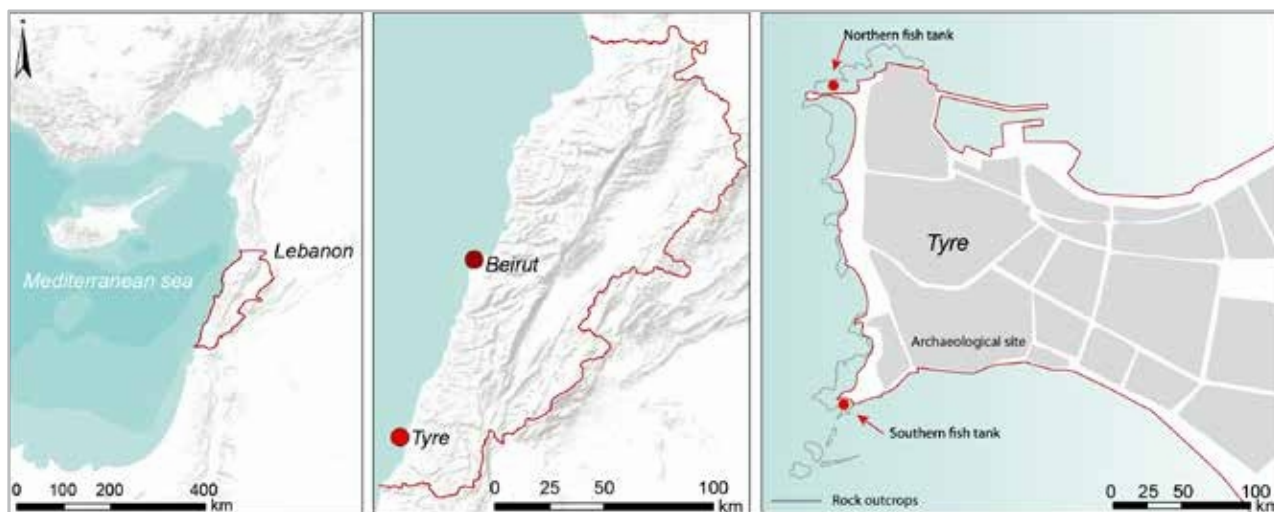


Fig. 1 - Carte de localisation de Tyr à différentes échelles et position des réservoirs de poissons récemment découverts le long de la côte ouest de Tyr.

le sommet de l'environnement constamment immergé. Les hauteurs fonctionnelles - c'est-à-dire l'élévation des éléments architecturaux par rapport au niveau biologique de la mer (BSL) - ont finalement été établies après des approches antérieures (Anzidei *et al.* 2010 : 4 ; Antonioli *et al.* 2007 : 2468 ; Auriemma et Solinas 2009 : 135).

La datation est basée sur des données archéologiques préliminaires

Interprétations de la période de construction des aquariums.

## Résultats préliminaires et interprétations

Les travaux de terrain menés en octobre 2017 ont révélé deux réservoirs à poissons taillés dans la roche (nord et sud), le long de la côte ouest de Tyr (**fig. 2 et 3**). Les réservoirs ont été commodément ouverts dans les sols de carrières de pierre préexistantes coupées au niveau de la mer (Badawi 2016 : 144). Les sols plats des carrières fournissent des zones de service adéquates autour des réservoirs, tandis que les vestiges de boutons rocheux agissent comme des digues, protégeant probablement les travailleurs et les réservoirs de poissons des houles marines (Frost, 1971).

### Réservoir à poissons du Nord

Le vivier nord conserve des caractéristiques critiques pour l'estimation du niveau de la mer, en particulier un canal en forme de U (**fig. 2c**) relié à la mer qui permet le renouvellement de l'eau à l'intérieur des viviers, et des promenades de pieds frangeants. Le vivier est subrectangulaire, large de 13 m et long de 20-21 m. Il est relié à la mer par un canal en forme de U (**fig. 2c**). Il est relié à la mer par un canal en forme de U de 14 m de long, de 1,2 m de large et de 0,4 m de profondeur à l'arrivée dans le bassin. Le niveau biologique de la mer se situe actuellement au niveau du rebord du canal. Du côté sud-ouest, un second canal est obstrué par du mortier. Le sol d'origine de la citerne, creusé dans le sol de la citerne, se trouve au niveau du rebord du canal.

est exposée à une profondeur de 0,90 m sous le niveau de la mer. Des vestiges de cloisons taillées dans le roc et construites divisent le vivier en trois ou quatre compartiments (**fig. 2a et b**).

### Réservoir à poissons du sud

Le vivier sud possède un canal allongé en forme de U pour l'alimentation en eau ; sa paroi méridionale présente une succession caractéristique de rainures concaves en arc (**fig. 3**). Le vivier est rectangulaire, il mesure 17 m de long et 7 m de large. Il est relié à la mer par un canal en forme de U de 30 m de long, de 0,8 m de large et de 1,5 m de diamètre.

0,3 m de profondeur à l'arrivée dans le bassin. Là aussi, le niveau biologique de la mer atteint actuellement l'élévation du rebord du chenal. Le vivier est naturellement protégé par des digues le long de sa partie sud-ouest. Des restes de mortier sont encore visibles du côté de la digue. Le sol du vivier se trouve à une profondeur de 0,90 m sous le niveau biologique de la mer.

### Première estimation du niveau de la mer

Nous supposons qu'au moment de l'utilisation, les niveaux de marée élevés ne peuvent pas avoir dépassé les rebords des réservoirs à poissons. Comme le marnage local atteint 60 cm, le niveau biologique de la mer, lorsqu'il était utilisé, devait se situer à 0,60 m au-dessous du niveau actuel (**fig. 4**). Dans ces conditions, les canaux d'alimentation s'écouleraient à marée basse et se rempliraient à marée haute, car leur fond est 0,40 m sous les bords du vivier. Ni nous, ni aucun spécialiste à qui l'on a présenté les sites n'a pu mettre en évidence des vestiges d'anciens trottoirs sur le sol de la carrière, ou des bords de réservoir surélevés, qui auraient pu être posés à l'époque de l'utilisation. Nous considérons donc que les rebords actuels représentent les niveaux fonctionnels des réservoirs et documentons une augmentation du RSL de 0,60 m depuis la construction.

Résultats préliminaires de la mise en évidence de viviers taillés dans la roche le long de la côte de Tyr au Liban



Fig. 2 - Caractéristiques significatives du vivier nord. Les flèches blanches indiquent les vestiges des cloisons construites.

Il est évident qu'une autre question fondamentale qui devrait être résolue est la période chronologique pendant laquelle les aquariums ont été utilisés. Les recherches archéologiques préliminaires suggèrent que la construction a eu lieu à l'époque romaine ou byzantine (P. L. Gatier, J.-B. Yon et J. Abdul-Massih's oral communication). Reconstitutions des changements globaux et eustatiques du niveau de la mer

pour la Méditerranée orientale (Lambeck et Purcell 2005) prévoit une élévation du RSL de 0,60 m le long de la côte de Tyr depuis l'Antiquité. Ce résultat indique que la totalité de l'expansion du niveau de la mer au niveau des réservoirs à poissons provient de l'élévation globale et eustatique du niveau de la mer, sans contribution supplémentaire de l'affaissement tectonique local du sol. Il est à noter que ce résultat est en contradiction avec les résultats précédents,



Fig. 3 - Caractéristiques significatives du vivier sud.

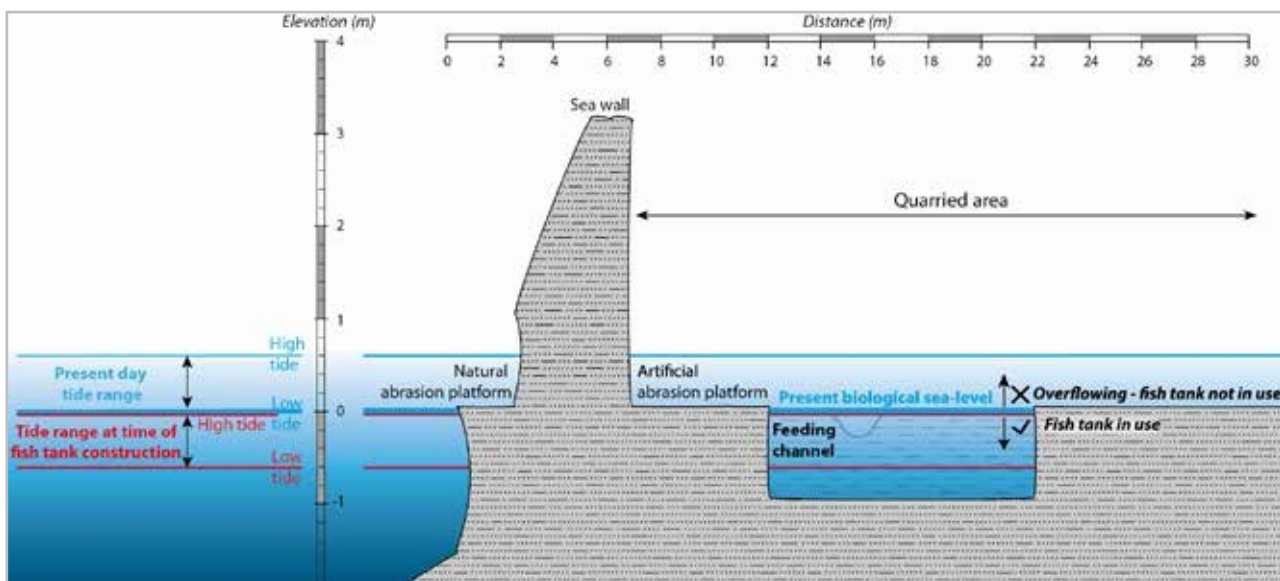


Fig. 4 - Hauteurs fonctionnelles du vivier sud par rapport au niveau biologique actuel de la mer. L'hypothèse du niveau de la mer passé est présentée en rouge.

des estimations beaucoup plus importantes de l'élévation du niveau de la mer. Dans la même région, El-Amouri *et al.* 2005 et Marriner *et al.* 2006 ont interprété des sols de carrières désormais submergés à deux mètres du niveau de la mer, des môles portuaires affectés par un affaissement relatif du sol de 2,5 m et des brise-lames immergés jusqu'à 3,5 m "depuis l'Antiquité". Marriner *et al.* 2008, après Morhange *et al.* 2006, attribuent à ces structures un âge romain tardif. Enfin, Morhange *et al.* 2013, révisent cette estimation de deux mètres, en se basant sur les profondeurs d'immersion du sol de la carrière côtière, que l'on pense avoir été creusé au-dessus du niveau de la mer. Par conséquent, ces études exigent des quantités substantielles d'affaissement du sol pour atteindre des valeurs aussi élevées du RSL.

## Conclusion

Le présent article décrit les premières observations jamais rapportées sur deux réservoirs à poissons récemment découverts le long de la côte de Tyr. Des mesures précises sur le terrain de structures qui sont sans ambiguïté étroitement liées aux anciens niveaux de la mer suggèrent qu'il n'y a pas eu plus de 0,6 m d'élévation du RSL depuis la période de leur construction. Ces nouvelles données diffèrent des études précédentes menées dans la même région (Morhange *et al.* 2003 : 283 ; Mariner *et al.* 2006 : 1), qui faisaient état d'une élévation du niveau de la mer de 2 m à 3,5 m depuis les temps passés.

Malgré l'absence de contraintes chronologiques sur l'utilisation des viviers, les résultats démontrent la possibilité de réévaluer l'ancien RSL le long du littoral de Tyr. Ces estimations récentes permettent une reconstruction fiable de l'ancien niveau de la mer, comblant ainsi certaines lacunes dans la compréhension de l'histoire du paysage, de l'évolution du littoral et des impacts anthropogéniques. En effet, une meilleure connaissance des variations du niveau de la mer aidera à comprendre le développement du port nord de Tyr (Poidebard, 1937, 1939). Elle peut également aider à concevoir de nouvelles stratégies pour découvrir le port sud. A l'échelle régionale, une stratégie similaire peut être utilisée pour réévaluer le RSL le long de la côte et déterminer l'emplacement des futures fouilles archéologiques.

## Remerciements

Nous remercions la Honor Frost Foundation pour avoir entièrement financé les enquêtes de terrain et la formation des étudiants, rendant ainsi cette recherche possible. Nous remercions chaleureusement la *Mission archéologique de Tyr* (HiSoMa) et la Direction générale des antiquités du Liban, en particulier Ali Badawi. Nous remercions également Jeanine Abdul-Massih, Fatima El Khatib et Walid Khalil (Université du Liban) pour leur aide lors du travail de terrain. Nous remercions les relecteurs de ce manuscrit, J. Chaoud et G. Brocard, pour leurs remarques utiles.



## Bibliographie

- Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K., Auriemma, R. et al. 2007.** 'Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data', *Quaternary Science Reviews* 26 (19-21), pp. 2463-2486.
- Anzidei, M., Antonioli, F., Benini, A. et al. 2010.** Sea-level change and vertical land movements since the last two millennia along the coasts of southwestern Turkey and Israel", *Quaternary International* 232 (1/2), pp. 13-20.
- Badawi, A. K. 2016.** Les sources anciennes de la construction pierres pour la ville de Tyr/Sur (Liban)", *Marmora* 12 (12), pp. 141-158.
- Caputo, M. et Pieri, L. 1976.** Eustatic sea variation in the last 2000 years in the Mediterranean", *Journal of Geophysical Research* 81 (33), pp. 5787-5790.
- Daremberg, M.C. et Saglio, E. 1873.** *sv acus, u : Dictionnaire des antiquités grecques et romaines* tome I, Vol. 1 (A-B).
- El-Amouri, M., El-Hélou, M., Marquet, M., Noureddine, I., Seco Alvarez, M., Frost, H., Seif, A. 2005.** Mission d'expertise archéologique du port sud de Tyr. Résultats préliminaires', *BAAL Hors-Série II*, pp. 91- 110.
- Evelpidou, N., Pirazzoli, P., Vassilopoulos, A. et al. 2012.** Late Holocene sea level reconstructions based on observations of Roman fish tanks, Tyrrhenian coast of Italy', *Geoarchaeology* 27 (3), pp. 259-277.
- Flemming, N.C. 1969.** Preuves archéologiques pour changement eustatique du niveau de la mer et mouvements de terrain en la Méditerranée occidentale au cours des 2000 dernières années (Vol. 109)', *Geological Society of America*, pp. 1-98.
- Frost, H. 1971.** Recent observations on the submerged harbour works at Tyre", *Bulletin du Musée National de Beyrouth* 24, pp. 103-111.
- Lambeck, K. et Purcell, A. 2005.** Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM : model predictions for tectonically stable areas", *Quaternary Science Reviews* 24 (18/19), pp. 1969-1988.
- Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A. et Silenzi, S. 2004a.** Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr", *Quaternary Science Reviews* 23 (14/15), pp. 1567-1598.
- Lambeck, K., Anzidei, M., Antonioli, F., Benini, A. et Esposito, A. 2004b.** Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change", *Earth and Planetary Science Letters* 224 (3/4), pp. 563-575.
- Marriner, N., Morhange, C. et Carayon, N. 2008a.** Ancient Tyre and its harbours : 5000 years of human- environment interactions', *Journal of Archaeological Science* 35 (5), pp. 1281-1310.
- Marriner, N., Morhange, C., Doumet-Serhal, C. et Carbonel, P. 2006.** Geoscience rediscovers Phoenicia's buried harbors", *Geology* 34 (1), pp. 1-4.
- Morhange, C. 2003.** Le littoral de Tyr, un patrimoine archéologique et naturel à sauvegarder", *Bulletin d'Archéologie et d'Architecture Libanaises*, pp. 283-307.
- Morhange, C., Marriner, N., Excoffon, P. et al. 2013.** Relative Sea-Level Changes During Roman Times in the Northwest Mediterranean : The 1st century AD Fish Tank of Forum Julii, Fréjus, France", *Geoarchaeology* 28 (4), pp. 363-372.
- Morhange, C., Pirazzoli, P. A., Marriner, N. et al. 2006.** Late Holocene relative sea-level changes in Lebanon, Eastern Mediterranean', *Marine Geology* 230 (1- 2), pp. 99-114.
- Mourtzas, N.D. 2012a.** Archaeological indicators for sea-level change and coastal neotectonic deformation : the submerged Roman fish tanks of the Gulf of Matala, Crete, Greece", *Journal of Archaeological Science* 39 (4), pp. 884-895.
- 2012b.** 'Fish tanks of orientale Crete (Grèce) comme indicateurs du niveau de la mer à l'époque romaine", *Journal of Archaeological Science* 39 (7), pp. 2392-2408.
- Pérès, J. M. et Picard, J. 1964.** *Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Méditerranée*. Édition revue et augmentée. 137p.
- Pirazzoli, P.A. 1976.** 'Sea-level variations in the northwest Mediterranean during Roman times', *Science* 194 (4264), pp. 519-521.



\_\_\_\_\_ **2005.** A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene relative sea-level histories from the Mediterranean area", *Quaternary Science Reviews* 24 (18/19), pp. 1989-2001.

**Poidebard, R. 1937.** Reconnaissances dans l'ancien port de Tyr (1934-1936)", *Syrie* 18 (4), pp. 355-368.

\_\_\_\_\_ **1939.** *Un grand port disparu : Tyr : recherches aériennes et sous-marines : 1934-1936*, BAH 29, Paris.

**Rovere, A. , Antonioli, F. , Enei, F. et Giorgi,**

**S. 2011.** Relative sea-level change at the archaeological site of Pyrgi (Santa Severa, Rome) during the last seven millennia', *Quaternary International* 232 (1/2), pp. 82-91.

**Schmiedt, G. 1972.** *Il livello antico del mar Tirreno. Testimonianze da resti archeologici*, E. Olschki, Florence, 323.

**Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E. et al. 2002.** Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records", *Quaternary Science Reviews* 21 (1-3), pp. 295-305.