

Océanographie (Géologie marine)
**Relevés de profils bathymétriques en Croatie du Nord :
indices de pauses holocènes du niveau marin**

Felipe Lagares^{a,b}

^a 3, chemin Édouard-Tavan, 1206 Genève, Suisse

^b Cerege, UMR 6635 CNRS, europôle de l'Arbois, B.P. 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 4, France

Reçu le 10 septembre 2007 ; accepté après révision le 23 octobre 2007

Disponible sur Internet le 20 décembre 2007

Présenté par Xavier Le Pichon

Résumé

La montée du niveau marin à l'Holocène se serait déroulée par étapes selon plusieurs auteurs. Les marges d'incertitude dans les datations au radiocarbone autorisent ce constat. Une technique géomorphologique développée en 1997 dans le Sud de la France a montré l'existence d'anciens platiers d'érosion, quelquefois accompagnés d'encoches médiolittorales. Cette technique a été appliquée au littoral nord de la Croatie. Les profondeurs des replats constatés (–5,5 m, –8 m, –11 m, –14 m, –17 m, –21 m, –25 m, –27 m, –35 m) sont similaires à ceux mis en évidence sur la côte française. L'étude des surplombs a utilement complété ces observations. *Pour citer cet article : F. Lagares, C. R. Geoscience 340 (2007).*

© 2007 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Bathymetrical profiles in northern Croatia: Index of sea-level pauses in the Holocene. According to several authors, the sea-level rise of the Holocene has been done in different phases. The margins of uncertainty in the radiocarbon dating allow us to make this observation. A geomorphological technique developed by J. Collina-Girard in 1997 in southern France led to the conclusion that several submersed mid-littoral notches or steps on limestone rocks attributed to standstills were formed during the last part of the Holocene sea-level rise. This technique was applied to the northern coast of Croatia. The depths of the standstills noted (–5.5 m, –8 m, –11 m, –14 m, –17 m, –21 m, –25 m, –27 m, –35 m) are similar to those of the French coast. The study of overhangs has usefully enforced these observations. *To cite this article: F. Lagares, C. R. Geoscience 340 (2007).*

© 2007 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Niveau de la mer ; Érosion ; Encoche ; Poussée de fusion glaciaire ; Holocène ; Méditerranée ; Adriatique

Keywords: Sea level; Erosion; Notch; Meltwater pulse; Holocene; Mediterranean Sea; Adriatic Sea

Adresse e-mail : f.lagares@bluewin.ch.

Abridged English version

Introduction

The morphological observations of Collina-Girard point to the worldwide existence of slowdowns and standstills during the Holocene sea-level rise, while many works on radiocarbon dating based on coral-reef coring favour a regular rise, even if admitted uncertainty margins allow space for a possible slowing-down.

Methodology

The survey of the morphological profiles was done following Collina's method [6] over 150 km on the northern coast of Croatia (Fig. 1). The morphology of the Croatian coast dictated two major adjustments according to the latter method: the presence of sand on the substratum from –30 m downwards limited certain profiles in depth and the turreted topography of the studied sites led us to a few adjustments in the methodology of our dives.

Results and profile analysis

Tidal correction

In order to obtain a better precision, the noted depths were corrected according to the predicted tide. The resulting corrections include depths from –0.2 m to +0.2 m.

Graphic analysis of profiles

Two major indices were taken into account in the interpretation of the graphics in order to detect standstills:

- the steps of the rocky slope, including the most obvious breakings of slope (sub-horizontal steps, overhangs, walls);
- cavities and overhangs, representing probably ancient surf-notches, which were the subject of a more advanced study regarding their shape and dimension.

Breakings of slope. The slope's breaking points were visually determined on each profile. Their place in the profile of the dive (e.g., foot of cliff, summit of pinnacle) and the degree of their opening were taken into account. A subset of those points was created, gathering the most conspicuous cases.

A particular care was taken to avoid plotting two points displaying the same morphological anomaly: if two inflexion points were situated less than one metre

from each other, only one point was plotted, so as not to overload the statistical frequency.

The inflexion points were first smoothed in a window of 1.3 m, representing the sum of the uncertainty margins in the bathymetrical measure and the graphical position of the points, then in another window of 2 m, commonly used by Collina [8 (p. 46)].

Two series of two histograms were drawn, one using the totality of the slope-breaking points and the other one based on the most conspicuous points only. In the right part of the histogram, the smoothed frequencies were divided by the number of profiles done at each depth to obtain a weighting that takes into account the initial and final depths of each profile. This was expressed in percentage (e.g., 100%: one inflexion point found for one profile noted at this depth, etc.). The bathymetrical position of the histograms' peaks was determined according to both the position of the inflexion points and the smoothing of 1.3 m and 2 m.

The bring-out points, i.e. the totality of the points and the major points, are generally the same. The bring-out peaks bear nearly the same values as those found by Collina (i.e. –5.5 m, –8 m, –11 m, –14 m, –17 m, –20 m, –21 m, –22 m, –25 m, –27 m, –35 m; see Fig. 3A and B).

The cavities and the overhangs. The depth of overhangs is plotted in Fig. 3A. Symmetrical overhangs are specially emphasised. They are also mentioned in the list below, followed by an asterisk.

The depths of overhangs with larger dimensions (measured with a stick of about 1.5 m) are the following: –9.1 m (pr. XIII), –16.9 m* (pr. VI), –16.9 m* (pr. VIII), –21.7 m* (pr. IX), –23.2 m* (pr. XII) [width shorter than 2 m], –25.3 m* (pr. VI), –26.3 m (pr. XV) [cave with a depth of several metres], –27.7 m* (pr. III), –31.5 m* (pr. XV), –35.2 m* (pr. XIV).

Arguments

If a window of 3 m smoothing around –21 m were applied, we would have obviously obtained only a peak of –21 m. The smoothing is therefore to be interpreted either by following the tectonic difference that we could meet, or by following the spread-out of the depths of notches resulting from a polygenesis or a polyphasing.

On the overall breakings of slope recorded, the similarity with the observations of Collina on the coast of Provence is clear. The histograms of the slope's breaking look like the data of Provence and particularly those in the region of the archipelago of Port-Cros [12].

Concerning this issue, we can see, from an overall view of the histograms, that the frequency maxima are less obvious between -20 and -30 m. The similarity of the peak's scattering in those depths with the histogram of the archipelago of Port-Cros is striking. The level of -25 m could therefore be non-Holocene. This fact is supported by the presence of a cave at -26 m on profile XV.

-17 m is the most obvious value from the analysis of breakings of slope and overhangs, in terms of frequency and concentration in a short space.

The most revealing indices are almost certainly the major overhangs situated, with very small differences, at the depths observed by Collina-Girard. By keeping only the most pertinent observations (after eliminating caves and other small formations due to a too long period of erosion for the first and too weak for the second, and by eliminating asymmetric shapes near the bottom, which could have been abrasive notches [24], we are left with only two significant overhangs at -16.9 m, and one at each following depth: -21.7 m, -25.3 m, -27.7 m, -31.5 , -35.2 m. This diagram looks like the one proposed for southern France [19], and for the possibly worldwide notches mentioned by Laborel et al. [18].

Furthermore, the areas situated between 0 to -17 m are commonly covered by living formations, which probably hide a great part of the substratum. The cragginess created by those living formations (Fig. 4) was observed between -11 m and -17 m in the region of Brseč, and particularly at the depth of -11 m. Thus, at this depth, we think that it could be a covered notch.

Bottom profiles with sandy steps (pr. XI, depth of -6 m and -18 m; pr. II, -12 m) or small sandy canyon (pr. XVI, 11 m) lie at about the same depths as those observed in southern France. Besides, extensive sandy bottoms often start at a depth where we would expect to find standstills (pr. II, IV, V, VIII, IX, X, XI, XV).

Conclusion

The method used for the plotting of bottom profiles has proved its efficiency in the field. The depths of possible standstills quoted by Collina for southern France are similar to those found in Croatia and by other authors [13,18,19,22,23]. The depth range between -20 m to -30 m similarly displays some scattered peaks. The latter could be non-Holocene. Additional shallower steps have been drawn to attention at the following depths: -5.5 m, -8 m, -14 m. The step at -5.5 m is particularly striking.

This study should bring us to reconsider the method used to extract samples for dating according to the depth

(by core drilling or others): dating at regular depth range leads to important smoothing. Dating several elements at the same depth, i.e. at regular time ranges, according to the depth proposed in this article will certainly lead to more efficient results.

1. Introduction

Plusieurs centaines de profils sous-marins ont été relevés le long des côtes rocheuses méditerranéennes françaises et à Marie-Galante [6–12]. Ces observations suggèrent des périodes de ralentissement général dans la montée holocène de l'océan et des mers du globe, en précisant certains modèles actuels basés sur des corrélations d'ordre simple et des vitesses de remontée moyennées sur des milliers d'années. On constate, en effet, sur les profils relevés, des replats d'érosion ou des encoches, qui réapparaissent significativement aux mêmes profondeurs, avec une extension sur des domaines géographiques très vastes : -25 m, $-35/36$ m, -46 m, et d'autres, moins nets, aux profondeurs de -11 m, $-16/-20$ m, -41 m [8 (p. 43)]. Dans le même temps, la plupart des travaux de datation au radiocarbone proposent une montée régulière au travers de corrélations d'ordre simple, malgré une marge d'incertitude pouvant laisser la place à des ralentissements [1–3,14,16,20,21,26].

Le but de ce travail est de comparer ces résultats à ceux obtenus pour les côtes adriatiques croates. Ces côtes présentent, en effet, la particularité d'être constituées en majeure partie de calcaire, tout comme une grande partie de la côte rocheuse provençale.

2. Méthodologie

Le littoral étudié s'étend sur 150 km, entre les presque îles de Pula et l'île de Plavnik, au sud de l'île de Krk, en passant par la baie de Rijeka (Fig. 1). Les sites étudiés correspondent tous à un affleurement de calcaire du Crétacé supérieur [25]. La zone, hormis Rijeka et l'île de Krk et ses environs, est aujourd'hui relativement peu sismique [15,17].

Le matériel de mesure est composé d'une tige en métal de $1,5$ m marquée tous les $0,5$ m, d'une ardoise en plastique munie d'un crayon, d'une boussole, d'un ordinateur de plongée donnant la profondeur à 10 cm près et d'un équipement classique de plongée à l'air. Le relevé des profils morphologiques a été effectué suivant la méthode de Collina-Girard [6] et complété par des annotations concernant le substrat rencontré et la morphologie du site de plongée. Le relevé des profils s'est déroulé du 13 avril au 1^{er} mai 2005. Un total de 16

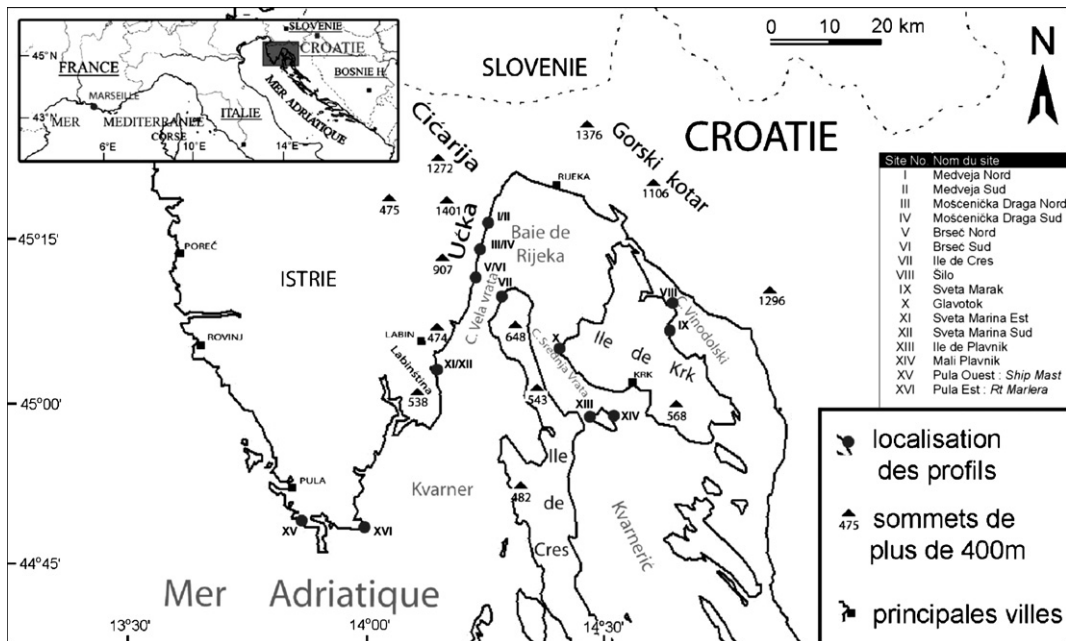


Fig. 1. Localisation des sites étudiés.

Fig. 1. Location of the studied sites.

sites de plongée a été étudié. Deux sites de plongée ont été explorés à deux reprises : Sveta Marina est et Sveta Marina sud. Lors des 18 plongées effectuées, 26 profils ont été établis.

La morphologie des côtes croates a nécessité deux adaptations principales par rapport à la méthode de Collina-Girard : la présence de sable sur le substrat dès 30 m a limité certains profils en profondeur, tandis que la topographie très irrégulière du fonds « en pinacle » a nécessité d'adapter les plongées aux sites étudiés.

3. Résultats et analyse des profils

3.1. Correction suivant la marée

Afin d'obtenir une meilleure précision, les profondeurs relevées ont été corrigées en fonction de la marée prédite. Ces prévisions ont été obtenues auprès de Mme Mira Pršic, responsable du marégraphe de Bakar. Les corrections résultantes sont comprises entre $-0,2$ m et $+0,2$ m.

3.2. Détermination graphique des replats

Deux principaux indices ont été pris en compte dans l'interprétation des graphiques afin de déceler des replats :

- les *ruptures de pente*, comprenant un sous-ensemble *majeur* avec les ruptures de pente les plus évidentes (replats subhorizontaux, surplombs, pieds de falaises sous-marines ou « tombants » dans la terminologie des plongeurs) ;
- les *cavités et les surplombs*, représentant peut-être d'anciennes encoches, qui ont fait l'objet d'une étude plus poussée en fonction de leur forme et de leurs dimensions.

3.2.1. Les ruptures de pente

Les points de rupture de pente ont été déterminés visuellement sur chaque profil. Dans leur positionnement, il a été tenu compte de la pente générale du profil (pied de falaise, par exemple, ou sommet d'un pinacle) et de leur degré d'ouverture. Une sous-classe de ces points a été créée, regroupant les cas les plus évidents.

Un soin particulier a été pris à ne pas noter deux points représentatifs d'une même anomalie morphologique : pour deux points situés à moins d'un mètre de dénivelé, un seul a été répertorié, pour ne pas surcharger inutilement les courbes de fréquences.

La marge d'imprécision est estimée à $\pm 0,15$ m pour le tracé du profil. Cette imprécision peut provenir du profondimètre qui n'est pas positionné exactement au niveau de l'extrémité de la tige de mesure, du profondimètre qui arrondit les valeurs au dixième

près, ou d'un mauvais déplacement de la tige d'un point à l'autre.

De plus, dans l'établissement des points de rupture de pente, une marge de $\pm 0,5$ m a été prise en considération. Il faut en effet tenir compte de l'imprécision du positionnement du point d'inflexion. Au total, dans la détermination des points d'inflexion et leurs corrélations, une marge totale de $\pm 0,65$ m a été prise en considération. Cette imprécision a été considérée comme un minimum dans le lissage des données (Fig. 2).

Il faut également tenir compte de décalages possibles, pouvant être dus à la tectonique locale ou à l'absence de connaissance précise de la marée. Pour se faire, les points d'inflexion ont d'abord été lissés dans cette fenêtre de 1,3 m ($\pm 0,65$ cm), puis dans une autre, plus large, de 2 m (± 1 m), souvent utilisée par J. Collina-Girard dans les zones qu'il considère stables [8 (p. 46)].

Deux séries de deux histogrammes ont été tracées, l'une suivant la totalité des points de rupture de pente, l'autre ne regroupant que les points majeurs. Dans la partie droite des histogrammes, les fréquences lissées ont été divisées par le nombre de profils effectués à chaque profondeur, afin d'obtenir une pondération tenant compte de la profondeur de début et de fin de chaque profil. Cette pondération a été exprimée en pourcentage (par exemple 100 % = un point d'inflexion trouvé pour un profil relevé à cette profondeur, etc.).

La position bathymétrique des pics dans les histogrammes a été déterminée en tenant compte à la fois de la position des points d'inflexion et des lissages

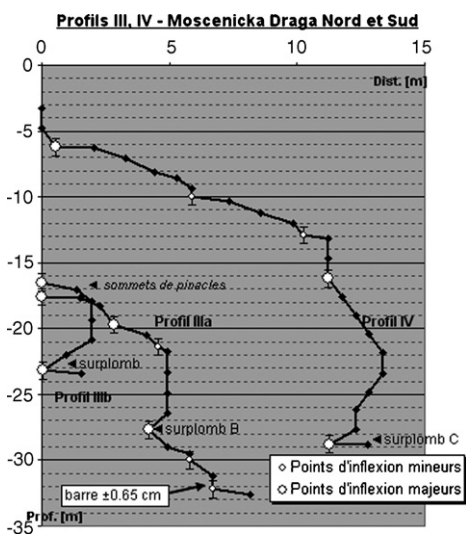


Fig. 2. Exemple de profils effectués et de données récoltées.
Fig. 2. Examples of recorded profiles and collected data.

de 1,3 m et 2 m. Les points mis en évidence sont globalement les mêmes, que ce soit pour la totalité des points ou pour les points majeurs. Les pics mis en évidence se situent tous proches des mêmes valeurs, autrement dit : $-5,5$ m, -8 m, -11 m, -14 m, -17 m, -20 m, -21 m, -22 m, -25 m, -27 m, -35 m (Fig. 3A et B).

3.2.2. Les cavités et les surplombs

Les surplombs sont de très bons indices : « les paliers d'érosion sont très souvent soulignés par des blocs éboulés, des talus d'éboulis et des parois surplombantes qui évoquent nettement, par endroits, les morphologies liées au pied des falaises actives actuelles » [8 (p. 48)].

La profondeur des surplombs est mentionnée sur la Fig. 3A. Les surplombs symétriques y sont spécialement mis en évidence. Ils sont également figurés dans la liste ci-après par un astérisque.

Les profondeurs des surplombs de plus grande dimension (mesurés avec une longueur de tige de près de 1,5 m) sont les suivantes : $-9,1$ m (pr. XIII), $-16,9$ m* (pr. VI), $-16,9$ m* (pr. VIII), $-21,7$ m* (pr. IX), $-23,2$ m* (pr. XII) [largeur inférieure à 2 m], $-25,3$ m* (pr. VI), $-26,3$ m (pr. XV) [grotte profonde de plusieurs mètres], $-27,7$ m* (pr. III), $-31,5$ m* (pr. XV), $-35,2$ m* (pr. XIV).

4. Discussion

Si l'on avait appliqué une fenêtre de 3 m de lissage autour de -21 m, on aurait clairement eu un seul pic évident à -21 m. Le lissage est donc à interpréter, soit suivant les décalages tectoniques qu'on pourrait rencontrer, soit suivant l'étalement des profondeurs des encoches résultant d'une polygénèse ou d'un polyphasage.

Sur l'ensemble des ruptures de pente répertoriées, la similitude avec les observations faites par Collina-Girard sur le littoral provençal est très bonne. Les histogrammes de rupture de pente ressemblent aux données provençales, et particulièrement à celles de la région de l'archipel de Port-Cros [12] (Fig. 3C).

À ce propos, on retrouve, dans l'ensemble des histogrammes, des maxima de fréquence moins marqués entre -20 et -30 m. La similitude de la dispersion des pics dans cet intervalle par rapport à l'archipel de Port-Cros est frappante. Mais cette dispersion paraît normale à Port-Cros, zone de roches cristallines où les replats sont moins bien enregistrés que sur les calcaires provençaux, qui présentent quant à eux une concentration plus forte autour de -25 m.

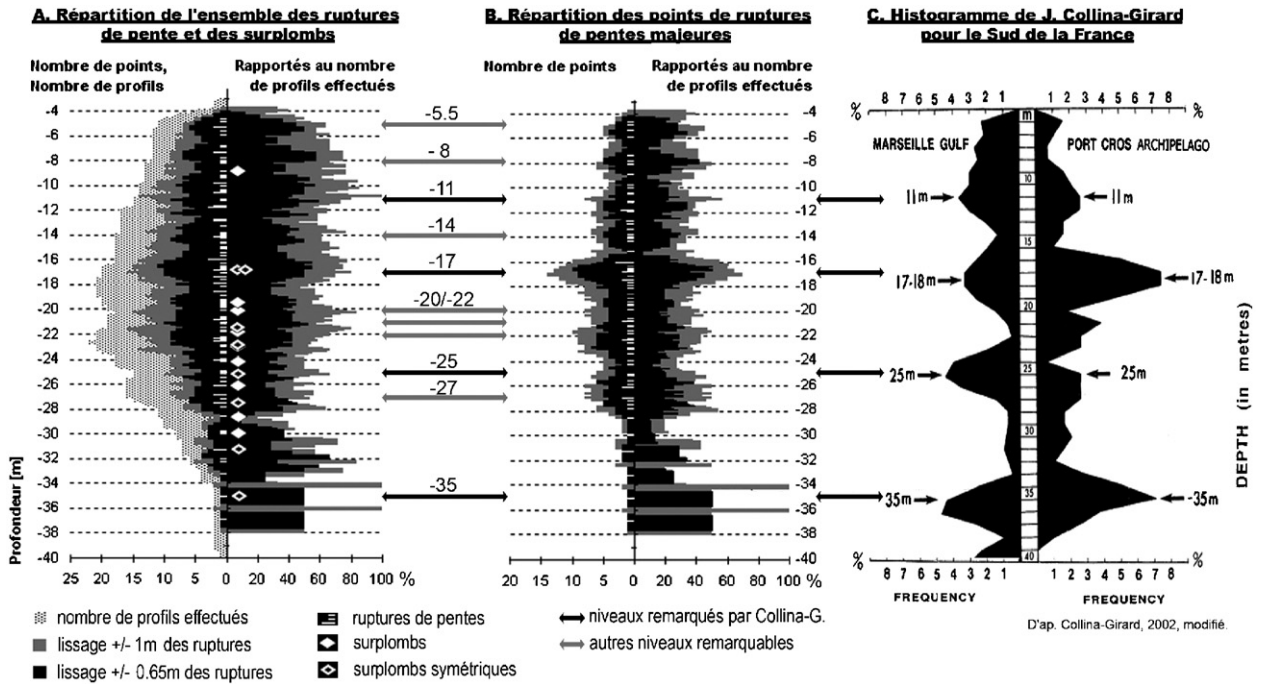


Fig. 3. Histogrammes de l'ensemble des données et des données les plus pertinentes, mis en relation avec les résultats de J. Collina-Girard.
 Fig. 3. Histograms of the whole data and more pertinent data, compared with J. Collina-Girard's results.

La similitude de cette dispersion bathymétrique entre Port-Cros et la Croatie pourrait être due à un échantillonnage moins important en Croatie que sur les côtes calcaires provençales. Toutefois, elle pourrait également venir d'une origine spécifique aux côtes croates. L'amplitude des creusements que l'on peut observer pourrait aussi faire penser à une érosion antérieure à l'Holocène : on peut noter qu'en Croatie, ce niveau coïncide avec celui d'une grotte creusée à -26 m sur le profil XV.

-17 m est la valeur qui ressort avec le plus d'évidence – en termes de fréquence et de concentration dans un faible intervalle – de l'analyse des ruptures de pente et des surplombs.

Les indices les plus révélateurs sont sans doute les principaux surplombs qui se situent, à très peu de différence près, aux profondeurs observées par Collina-Girard. En gardant uniquement les observations les plus pertinentes (après élimination des grottes et des petites formations, en raison d'une durée d'érosion trop grande pour les premières et trop faible pour les secondes, et en éliminant les formes asymétriques et proches du fond qui pourraient être des encoches abrasives [24]), il reste deux surplombs à -16,9 m, un à -21,7 m, un à -25,3 m, un à -27,7 m, un à -31,5 m et un autre à -35,2 m. Cette séquence bathymétrique croate rappelle fortement celle des « tombants » du Sud de la France

[7]. Elle s'inscrit aussi dans les courbes de remontées tirées des bio-indicateurs [19]. Cet échelonnement est identique à celui des encoches directement observées en plongée ou indirectement sur les relevés bathymétriques. La synthèse de ces observations disparates dans la littérature montre une constance remarquable au niveau mondial [18].

En outre, les fonds entre 0 et -17 m sont ceux le plus recouverts de formations vivantes, qui masquent sans doute beaucoup le substrat. Des anfractuosités créées par ces formations vivantes (Fig. 4) ont été observées

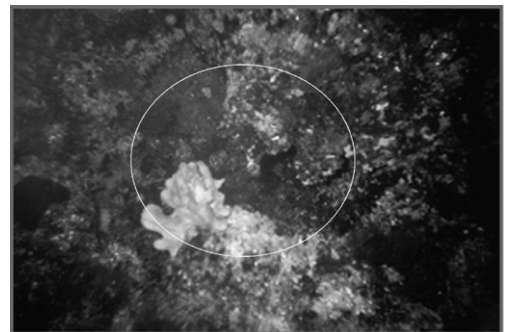


Fig. 4. Photo d'une anfractuosité dans la région de Brseč, derrière une éponge, et mesurant environ 50 cm de diamètre.
 Fig. 4. Picture of a cragginess, having a diameter of about 50 cm, in the region of Brseč, behind a sponge.

entre –11 et –17 m dans la région de Brseč, et particulièrement à la profondeur de –11 m. Il pourrait donc s'agir, à cette profondeur, d'une encoche recouverte.

Les fonds présentant des replats sableux (pr. XI, profondeur de –6 et –18 m ; pr. II, –12 m) ou de petits canyons sableux (pr. XVI, –11 m) reposent aux environs des profondeurs observées dans le Sud de la France. De plus, les grands fonds sableux du large débutent fréquemment aux profondeurs où l'on s'attendrait à voir un replat (pr. II, IV, V, VIII, IX, X, XI, XV).

5. Conclusion

La méthode de construction des profils a montré ici son efficacité sur le terrain. Les profondeurs des replats signalées par Collina-Girard dans le Sud de la France (–11 m, –17 m, –35 m) sont retrouvées à l'identique en Croatie. On constate que l'intervalle de –20 m est marqué par des pics assez dispersés, pouvant s'expliquer par un nombre de profils moins important que sur les côtes calcaires marseillaises, par une origine localement spécifique, ou par une érosion ancienne ayant partiellement détruit ce niveau et qui pourrait donc être ante-Holocène. Des replats additionnels ont été mis en évidence aux profondeurs de –5,5 m, –8 m, –14 m. Le replat à –5,5 m est particulièrement flagrant.

La présence de surplombs a été un critère déterminant en marge de l'analyse quantitative. D'autres données morphologiques sont également venues conforter l'analyse statistique : présence de sable, cône d'éboulis, formations vivantes. La réalisation de profils sur tombants calcaires semble être la méthode la plus appropriée et pratique afin de déceler des replats.

Cette étude va dans le sens des conclusions d'autres auteurs concernant la variation récente du niveau marin, notamment par l'étude d'anciens rivages et deltas fluviaux [4,5,13,18,19,22,23]. Elle suggère l'existence de nombreuses pauses dans le réchauffement holocène et d'une forte variabilité des vitesses de remontée de la mer au cours du temps.

Elle devrait amener à reconsidérer la méthode de prélèvement des échantillons pour datation suivant la profondeur (par carottage ou autres) : dater à intervalles de profondeur réguliers amène automatiquement à des lissages importants. Dater plusieurs éléments à la même profondeur, autrement dit à intervalles de temps réguliers, en suivant les profondeurs proposées ici, conduirait à des résultats bien meilleurs.

Mais elle apporte également toute une série de nouvelles questions : il reste à dater précisément ces

ralentissements et à en étayer les causes, très vraisemblablement en lien avec les poussées de fusion glaciaire (*meltwater pulses*). Ceci afin de mieux comprendre notre climat passé, présent, mais aussi futur.

Remerciements

Merci à Christophe Morhange, Jacques Collina-Girard, Jacques Laborel, Mireille Provansal, Stefano Furlani, Philippe Dussoulier, Pascal Kindler et Parveen Kaudeer pour leur aide et leur soutien. Ces travaux ont été partiellement financés par le programme Eclipse/Transmed du CNRS, dirigé par C. Morhange.

Références

- [1] J.-C. Aloisi, A. Monaco, N. Planchais, J. Thommeret, Y. Thommeret, The Holocene transgression in the Golfe du Lion, south-western France: paleogeographic and paleobotanical evolution, *Geogr. Phys. Quatern.* 32 (1978) 145–162.
- [2] F. Antonioli, E. Bard, E. Potter, S. Silenzi, S. Improta, 215-ka History of sea-level oscillations from marine and continental layers in Argentarola Cave speleothems (Italy), *Global Planet. Change* 43 (2004) 57–78.
- [3] E. Bard, B. Hamelin, M. Arnold, L. Montaggioni, G. Cabioch, G. Faure, F. Rougerie, Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge, *Nature* 382 (1996) 241–244.
- [4] P. Blanchon, J. Shaw, Reef drowning during the last deglaciation: Evidence for catastrophic sea-level rise and ice sheet collapse, *Geology* 23 (1995) 4–8.
- [5] P. Blanchon, B. Jones, D.C. Ford, Discovery of a submerged relic reef and shoreline off grand Cayman: further support for an early Holocene jump in sea level, *Sediment. Geol.* 147 (2002) 253–270.
- [6] J. Collina-Girard, Profils littoraux en plongée et niveaux d'érosion eustatique près de la grotte Cosquer (Marseille) et en Provence, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 324 (1997) 607–615.
- [7] J. Collina-Girard, Analyse de profils sous-marins levés en plongée sur les côtes provençales, implications eustatiques et néotectoniques, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 325 (1997) 955–959.
- [8] J. Collina-Girard, Niveaux de stationnement marins observés cartographiquement et en plongée (0 à –60 m) entre Marseille et Cassis (Bouches-du-Rhône, France), in: *L'Homme préhistorique et la mer, cxx^e congrès CTHS, Aix-en-Provence, 23–26 octobre 1995, 1998*, pp. 31–52.
- [9] J. Collina-Girard, Observations néotectoniques en plongée sur le littoral occidental de la Corse, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 327 (1998) 121–126.
- [10] J. Collina-Girard, Observation en plongée de replats d'érosion eustatique à l'île d'Elbe (Italie) et à Marie-Galante (Antilles) : une séquence bathymétrique mondiale ? *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 328 (1999) 823–829.
- [11] J. Collina-Girard, Les replats littoraux holocènes immergés en Provence et en Corse : implications eustatiques et néotectoniques, *Quaternaire* 10 (1999) 121–131.
- [12] J. Collina-Girard, Underwater mapping of Late Quaternary submerged shorelines in the western Mediterranean Sea and the Caribbean Sea, *Quatern. Int.* 92 (2002) 63–72.

- [13] I.C.S. Corrêa, Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17500 ans BP : l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul, Brésil, *Mar. Geol.* 130 (1996) 163–178.
- [14] R.G. Fairbanks, A 17, 000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation, *Nature* 342 (1989) 637–642.
- [15] S. Faivre, E. Fouache, Some tectonic influences on the Croatian shoreline evolution in the last 2000 years, *Zeitschr. Geomorphol.* 47 (2003) 521–537.
- [16] K. Fleming, P. Johnston, D. Zwartz, Y. Yokoyama, K. Lambeck, J. Chappell, Refining the eustatic sea-level curve since the Last Glacial Maximum using far – and intermediate – field sites, *Earth Planet. Sci. Lett.* 163 (1998) 327–342.
- [17] D. Herak, M. Herak, E. Prelogović, S. Markušić, Ž. Markulin, Jabuka island (Central Adriatic Sea) earthquakes of 2003, *Tectonophysics* 398 (2005) 167–180.
- [18] J. Laborel, C. Morhange, J. Collina-Girard, F. Laborel-Deguen, Littoral bioerosion, a tool for the study of sea level variations during the Holocene, *Bull. Geol. Soc. Denmark* 45 (1999) 164–168.
- [19] J. Laborel, C. Morhange, F. Laborel-Deguen, Les indicateurs biologiques des variations relatives du niveau marin dans les îles du littoral provençal et de Méditerranée, *Bull. Archeol. Provence Suppl.* 1 (2003) 67–73.
- [20] K. Lambeck, E. Bard, Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30,000 years, *Earth Planet. Sci. Lett.* 175 (2000) 203–222.
- [21] K. Lambeck, F. Antonioli, A. Purcell, S. Silenzi, Sea level change along the Italian coast for the past 10,000 yrs, *Quatern. Sci. Rev.* 23 (2004) 1567–1598.
- [22] J.P. Liu, J.D. Milliman, Reconsidering meltwater pulses 1A and 1B: global impacts of rapid sea-level rise, *J. Ocean Univ. China* 3 (2004) 183–190.
- [23] J.P. Liu, J.D. Milliman, S. Gao, P. Cheng, Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, North Yellow Sea, *Mar. Geol.* 209 (2004) 45–67.
- [24] P.A. Pirazzoli, Marine notches, in : O. Van de Plassche (Ed.), *Sea-Level Research: a Manual for the Collection and Evaluation of Data*, Geo Books, Norwich, 1986, pp. 361–400.
- [25] E. Prohic, G. Hausberger, J.C. Davis, Geochemical patterns in soils of the karst region, Croatia, *J. Geochem. Explor.* 60 (1997) 139–155.
- [26] M. Surić, M. Juračić, N. Horvatinčić, I. Krajcar Bronić, Late Pleistocene–Holocene sea-level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia), *Mar. Geol.* 214 (2005) 163–175.