

La lente évolution du littoral autour de la Presqu'île de Giens

Jean-Marc BEYNET¹

1. Beynet-Consult, 35, rue de Peyrouse 30320 Marguerittes, France.
beynet.consult@gmail.com

Résumé :

A notre époque, la mer monte rapidement et ce phénomène va se poursuivre dans les décennies à venir. Selon le dernier rapport du GIEC (septembre 2019), en fonction des différents scénarios modélisés, il faut s'attendre à une élévation moyenne du niveau de la mer de l'ordre de 60 cm à 1,10 m d'ici la fin du siècle, c'est-à-dire dans seulement 8 décennies. En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le double tombolo de Giens (et en particulier la plage de l'Almanarre, la Route du Sel) et le littoral depuis l'aéroport de Toulon-Hyères jusqu'à la Londe-les-Maures sont menacés et seront peut-être submergés en partie. Mais il n'en n'a pas toujours été ainsi car les fluctuations du niveau de la mer, lors des siècles et millénaires précédents, avaient d'autres origines que les rejets de CO₂ liés à l'activité humaine. Il y a eu la crise de la salinité messinienne par exemple, due à des causes géologiques. Et puis il y a également les cycles de Milankovitch d'origine astronomique qui agissent sur le climat et le niveau de la mer. A quoi ressemblait le littoral devant Hyères il y a plusieurs millions d'années? Comment était-il 18 000 ans, puis 8 000 ans avant notre ère ? A quoi ressemblera-t-il dans le futur ? Le présent article s'intéresse à ces questions qui sont de plus en plus d'actualité en raison de l'élévation, prévisible et rapide, du niveau de la mer.

Mots-clés :

Elévation du niveau des mers, Submersion du littoral, Tombolo, Presqu'île de Giens, Crise salinité messinienne, Cycles de Milankovitch.

Thème 7 – Risques côtiers

1. Introduction

Le double tombolo de la Presqu'île de Giens a déjà fait l'objet de nombreuses études historiques, archéologiques, géologiques et géomorphologiques (BLANC 1974 & 1982, LACROIX 2015), pour expliquer sa formation ainsi que des études hydrodynamiques et hydro-sédimentaires (FARNOLE *et al.* 2002, MIEULE *et al.* 2010, BRUNEL 2010) pour protéger la Route du Sel qui est attaquée par la mer à chaque tempête hivernale. Ces dernières études proposent des solutions pour le court et le moyen terme, comme par exemple du rechargement de sable ou encore la mise en œuvre de géotubes pour réaliser des brises-lames immergés, ou encore des ganivelles et de la végétation pour fixer les dunes. Mais qu'en sera-t-il dans le long terme, en tenant compte de l'élévation du niveau des mers dans les décennies à venir? Sera-t-il encore possible et raisonnable financièrement de vouloir maintenir la Route du Sel. Ne sera-t-elle pas submergée à long terme? Et si des brèches viennent à s'ouvrir, que deviendra le littoral dans la zone de l'hippodrome et du Port Saint-Pierre à Hyères ? Ce littoral est fortement urbanisé jusqu'à l'aéroport, cette urbanisation se prolongeant ensuite, moins dense mais presque en continu, jusqu'au débouché en mer du fleuve Gapeau.

2. Les fluctuations du niveau de la Méditerranée dans le passé

2.1 La crise de la salinité messinienne

C'est seulement en 1971 que la théorie de la "crise de la salinité messinienne" a été expliquée, puis admise par l'ensemble de la communauté scientifique plus tard, en 2007. La crise de salinité messinienne serait due à un séisme ayant provoqué un éboulement comblant le détroit de Gibraltar il y a environ 6 millions d'années (CHUMAKOV 1973, GARGANI 2004, GARGANI & RIGOLLET 2007, GORINI *et al.* 2016). Ne communiquant plus avec l'Océan Atlantique, la mer Méditerranée s'est trouvée ainsi presque complètement fermée et son niveau s'est abaissé en raison de l'évaporation qui était plus importante que les apports des fleuves et de la pluie. L'assèchement a provoqué une baisse du niveau de la mer de 1500 à 2500 m en moyenne. Avec un niveau aussi bas, les fleuves qui débouchent en Méditerranée ont érodé les fonds et ont creusé des canyons de plusieurs centaines de mètres de profondeur. En particulier, ce fut le cas pour le Rhône. L'assèchement s'accompagna de dépôts massifs de roches salines. C'est un nouveau séisme qui aurait ré-ouvert le détroit de Gibraltar 500 000 ans plus tard, au début du Pliocène, de manière brutale provoquant le déversement de l'Atlantique dans la Méditerranée et la remplissant à son niveau initial en quelques années seulement et en comblant en partie les canyons par sédimentation.

2.2 Les cycles de Milankovitch

Récemment, en 1941, Milutin Milankovitch, mathématicien et astronome Serbe, (MILANKOVITCH 1941, IVANOVIC, 2012) a expliqué l'alternance des cycles

glaciaires et interglaciaires durant le Quaternaire. La glaciation se produit lorsque les hautes latitudes de l'hémisphère nord reçoivent un rayonnement solaire réduit pendant l'été. Et ce sont trois paramètres astronomiques qui se combinent pour influencer le climat sur la Terre :

- a) L'excentricité de l'orbite terrestre: L'orbite terrestre est une ellipse, dont le Soleil est un des foyers. L'excentricité de l'ellipse correspond à la distance entre les deux foyers. Lorsque l'excentricité est faible, l'orbite terrestre est presque circulaire. L'excentricité varie en fonction des attractions gravitationnelles exercées entre la Terre et les autres planètes. La période caractéristique de variation de ce paramètre est de 100 000 ans.
- b) L'obliquité de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique : L'angle formé par la direction des pôles et celle de la normale au plan de l'écliptique n'est pas constant. Il varie entre 22° et 24,5° suivant une période de 41 000 ans. Ainsi, suivant l'obliquité, les pôles ne reçoivent pas le même niveau de rayonnement solaire.
- c) La précession des équinoxes: La Terre tourne sur elle-même comme une toupie. Son axe de rotation balaie un cône, qui varie avec une période de 20 000 ans. L'inclinaison de l'axe de rotation terrestre n'affecte pas la quantité totale de chaleur solaire reçue sur Terre, mais sa distribution.

La théorie astronomique de Milankovitch permet d'expliquer les grandes variations climatiques des cycles glaciaires. Ainsi, le climat se réchauffant peu à peu depuis la dernière période de glaciation, le niveau de la mer s'est élevé d'environ 120 mètres depuis le pic de cette dernière glaciation il y a 20 000 ans environ, avec les niveaux intermédiaires approximatifs ci-après, jusqu'à nos jours :

Tableau 1. Niveaux approximatifs de la mer depuis 20 000 ans.

Période avant notre ère	<i>18 000 ans</i>	<i>11 000 ans</i>	<i>8 000 ans</i>	<i>3 000 ans</i>
Niveau de la mer	<i>-120 m</i>	<i>-50 m</i>	<i>-20 m</i>	<i>-1 m</i>

Comme le montre la carte ci-après (figure 1), il y a 20 000 ans, le rivage, ou trait de côte, était situé bien au-delà de ce qu'il est actuellement puisqu'on aurait pu aller à pied sec sur l'actuelle île de Porquerolles. A cette époque, les îles de Port-Cros et du Levant étaient elles aussi des collines reliées au continent. L'actuelle rade d'Hyères à l'Est était une vaste plaine, tout comme le Golfe de Giens côté Ouest, où le site de l'actuelle ville de Carqueiranne n'était pas situé en bord de mer, mais s'en trouvait à plus de 5 kilomètres, car le trait de côte se trouvait en fait au Sud de l'îlot "Les Fourmiges".

Même 11 000 ans avant notre ère, il était encore possible de se rendre à pied sec à Porquerolles, ce n'était plus le cas, ni pour l'île de Port-Cros, ni pour l'île du Levant car la mer était remontée de 70 m environ.

Thème 7 – Risques côtiers

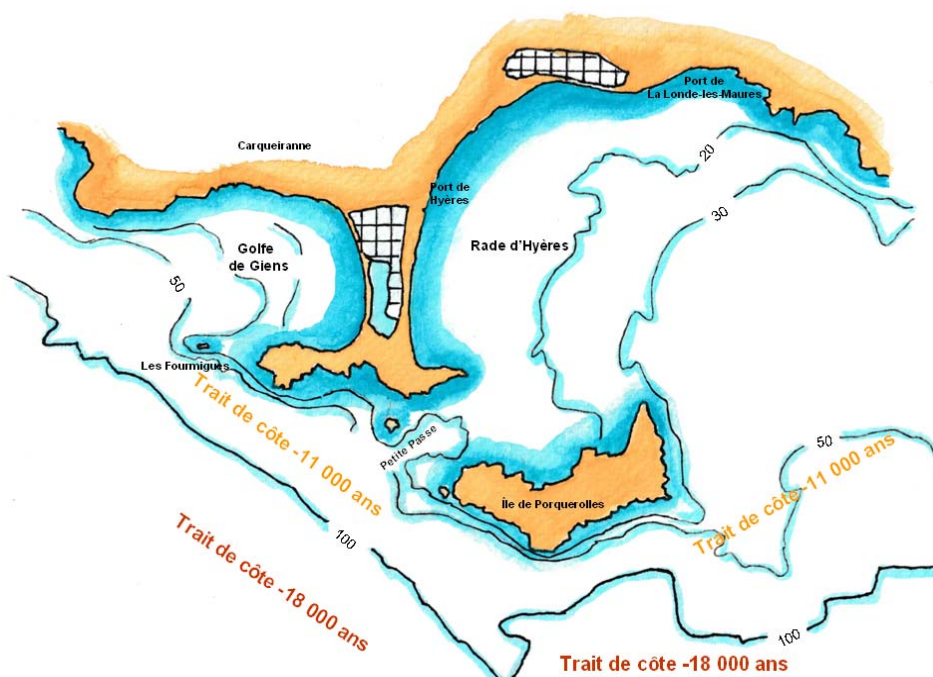


Figure 1. Figurations approximatives du trait de côte à différentes époques, sur fond de carte bathymétrique actuelle d'après le SHOM.

3. Les activités humaines et le réchauffement climatique constaté de nos jours

3.1 Travaux réalisés depuis trois siècles environ, qui ont fragilisé les deux tombolos

Après l'implantation d'une colonie grecque à Olbia 400 ans avant notre ère, puis l'occupation par les romains, plusieurs grands travaux plus récents ont fragilisé les tombolos de la Presqu'île de Giens, en particulier le tombolo Ouest (AUGIAS, 2015):

- Tout d'abord, des prélèvements massifs de sable aux XVIIe et XVIIIe siècles pour les travaux du port et de la ville de Toulon ainsi que les remparts du château de La Garde;
- Ensuite, la transformation de l'étang du Pesquier en marais salant en 1848 ;
- En 1930, l'implantation d'un émissaire en mer à l'enracinement du tombolo Ouest, les apports d'eau douce dégradant probablement les herbiers de posidonies qui contribuaient à atténuer la houle et à protéger la plage de l'Almanarre, (figure 2) ;
- La construction de la Route du Sel en 1969, puis la pose en tranchée d'une conduite d'amenée de l'eau potable.



Figure 2. La plage de l'Almanarre à l'enracinement du Tombolo Ouest, près du site de Olbia (photo de gauche) et la Route du Sel (photo de droite), (Clichés © Beynet, 2019).

3.2 Le réchauffement climatique contemporain

Le dernier rapport du GIEC a été publié en septembre 2019. Les scientifiques alertent sur le fait que la hausse du niveau de la mer s'est amplifiée ces dernières décennies en raison des rejets de CO₂ dans l'atmosphère. Actuellement, ils font le constat que le rythme de l'élévation du niveau de la mer est 2,5 fois plus élevé que ce qu'il était sur la période 1900-1990. De ce fait, les climatologues ont été obligés de revoir leurs perspectives à la hausse pour la fin du siècle. Alors qu'en 2013, ils prévoyaient une hausse du niveau des mers comprise entre 30 cm et 90 cm en 2100, dans leur dernier rapport de 2019, les experts du GIEC annoncent à présent que l'élévation serait plutôt comprise entre 60 cm et 1,10 m. Ils expliquent une telle hausse, en raison de la dilatation thermique (plus les océans se réchauffent plus ils occupent du volume) et par la fonte des calottes glaciaires des deux pôles, qui s'accélère.

4. Cartes de submersion marine supposée pour la fin du siècle

En 2006, une carte interactive a été créée pour visualiser les effets d'une telle montée des eaux (figure 3, TINGLE 2006). Pour cela, il a récupéré un jeu de données topographiques de la NASA. Les satellites de l'agence américaine ont calculé le niveau d'élévation de tous les points du globe, par carré de 30m de côté. En simulant l'élévation du niveau de la mer par pas de 1 m, lorsque l'altitude d'une zone passe en-dessous du niveau de la mer, elle se colorie en bleue sur la carte interactive. Selon le dernier rapport du GIEC (septembre 2019), en fonction des scénarios envisagés, il faut s'attendre à une élévation comprise entre 60 cm et 1,10 m d'ici 2100. D'autres spécialistes (LACROIX *et al.* 2019), prédisent même +2 m pour la fin du siècle. Si on ajoute +1 m pour tenir compte de la concomitance d'une marée astronomique avec une marée barométrique (comme celle enregistrée par le marégraphe de Toulon fin novembre 2019), d'ici 8 décennies, le niveau de la mer pourrait être plus haut de +1 à +2 ou même peut-être +3 m par rapport à ce qu'il est à présent. La carte de simulation de la submersion marine représentée schématiquement ci-après donne une idée du littoral autour de la Presqu'île de Giens pour les niveaux 0 (actuel), et +2 m de la mer.

Thème 7 – Risques côtiers

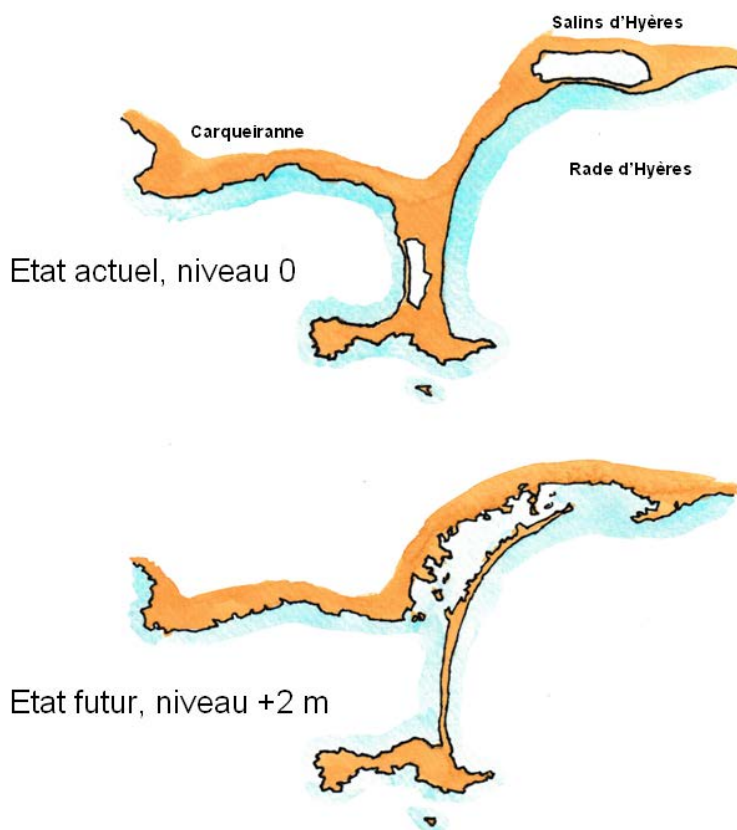


Figure 3. Littoral depuis Carqueiranne à l'Ouest, la Presqu'île de Giens au centre et La Londe-les-Maures à l'Est (comparaison du niveau 0 actuel de la mer avec le niveau prévisionnel simulé à +2 m, (d'après la carte interactive de simulation de la submersion marine, TINGLE, 2006).

Mais ces simulations sont assez simplistes et doivent être considérées avec prudence, car elles ne tiennent pas compte des "effets de Bruun" (BRUUN, 1988) sur l'adaptation d'un cordon sableux à l'élévation du niveau de la mer. Ces cartes de simulation de la submersion sont donc probablement pessimistes pour le littoral à l'Est entre le Port St-Pierre et le Gapeau, car de ce côté, le rivage profitera probablement encore en partie d'apports sédimentaires du Pansard et du Gapeau. En revanche, il n'y a pas de fleuve et donc pas d'apports sédimentaires du côté Ouest de la Presqu'île de Giens. De ce fait, la plage de l'Almanarre ne pourra que continuer à démaigrir et à disparaître à moyen ou long terme, et la Route du Sel sera probablement condamnée à moyen terme.

5. Conclusion

Après cette rapide chronologie sur la remontée du niveau de la mer depuis 20 000 ans, et les risques de submersions prochaines d'une partie du littoral dans les décennies à venir, que conclure ? Est-il encore temps d'anticiper vis-à-vis de cette élévation du niveau probable de la Méditerranée pour protéger les infrastructures (routes, ports, aéroport, etc.)

et l'habitat ? Est-ce réaliste sur un littoral aussi bas et vulnérable de concevoir de tels travaux de protection, si la mer monte réellement de 2 m d'ici la fin du siècle ? Par endroit, là où il n'y a pas d'habitat, comme sur le Tombolo Ouest par exemple et la Route du Sel, il sera sans doute préférable de laisser la mer reprendre ses droits et ne pas lutter coûte que coûte contre la submersion marine. Mais que faire pour les zones urbanisées ? Dans un rapport récent (BUCHOU, 2019), des propositions ont été faites au Gouvernement pour "*repenser l'élaboration de nos politiques publiques sur le littoral, face à l'érosion côtière*". Ce rapport préconise plusieurs recommandations en tenant compte de la dynamique littorale et du Code de l'Urbanisme, pour assurer par étapes, la recomposition spatiale des territoires impactés par l'érosion côtière. Cela ne sera pas facile, car des riverains devront quitter le littoral et reculer, en abandonnant non seulement leurs biens immobiliers, mais également leur culture et leurs racines pour certains.

6. Remerciements

L'auteur tient à remercier Monsieur M. AUGIAS, qui a mis en ligne en mai 2015 une vidéo retraçant l'histoire des travaux d'aménagement autour du double tombolo de Giens, du début de notre millénaire jusqu'à nos jours.

7. Bibliographie

- AUGIAS M. (2015). *Le conte du double tombolo de Giens à Hyères, (en 16/9 ND)*.
<https://www.youtube.com/watch?v=z4jsTxr1GJc>
- BLANC J.-J. (1974). *Phénomènes d'érosions sous-marines à la Presqu'île de Giens (Var)*. CR Acad. Sci. Paris, Vol. 278, pp 1821- 1823.
- BLANC J.-J. (1982). *La dynamique littorale et ses applications sédimentologiques du grand Rhône à la Presqu'île de Giens*. In Méditerranée, troisième série, tome 46, 3-4-1982. Développement et environnement dans la région Provence -Alpes Côte d'Azur. pp 25-33.
- BRUNEL C. (2010). *Évolution séculaire de l'avant côte de la méditerranée Française, impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes*. Géomorphologie. Thèse de doctorat, Université de Provence - Aix-Marseille I, 470 p.
- BRUUN P. (1988). *The Bruun rule of erosion by sea-level rise: a discussion of large-scale two- and three-dimensional usages*. Journal of Coastal Research, n° 4, 1988, pp 627-648. <https://www.jstor.org/stable/4297466>
- BUCHOU S. (2019). *Quel littoral pour demain? Vers un nouvel aménagement des territoires côtiers adapté au changement climatique*. Rapport du Député M. S. BUCHOU remis à M. Le Premier Ministre et à Madame la Ministre de la Transition Ecologique et Solidaire, Octobre 2019, 15 p.

Thème 7 – Risques côtiers

CHUMAKOV I.S. (1973). *Geological history of the Mediterranean at the end of the Miocene – the beginning of the Pliocene according to new data*. Init. Rep. D.S.D.P., Washington, DC 13 2, pp 1241-1242.

FARNOLE P., BOUGIS J., RITONDALE M., BARBARROUX M. (2002). *Protection du littoral contre l'érosion marine: application au tombolo Ouest de Giens*. VII^{èmes} Journées Nationales Génie Civil- Génie Côtier, Anglet, pp 513-522.
<https://doi.org/10.5150/jngcgc.2002.049-F>

GARGANI J. (2004). *Modelling of the erosion in the Rhone valley during the Messinian crisis (France)*. Quaternary International, Vol. 121(1), pp 13-22.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.01.020>

GARGANI J., RIGOLLET C. (2007). *Mediterranean Sea level variations during the Messinian Salinity Crisis*. Geophysical Research Letters, Vol. 34, L10405.
<https://doi.org/10.1029/2007GL029885>

GORINI C., SUC J.-P., RABINEAU M. (2016), *Le déluge et la crise de la salinité messinienne*, Eau et milieu, pp 80-81.

IVANOVIC M. (2012). *Milutin Milankovic (1879–1958) one of the most significant scientists of 20th century*. Economy of eastern Croatia yesterday, today, tomorrow, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics, Croatia, Vol. 1, pp 326-335.

LACROIX D., MORA O., DE MENTHIERE N., BETHINGER A. (2019). *La montée du niveau de la mer : conséquences et anticipations d'ici 2100, l'éclairage de la prospective*. Rapport d'étude AllEnvi, Agence nationale de recherche pour l'Environnement, Octobre 2019, 172 p.

MEULE S., PAQUIER A., CERTAIN R., BOUCHETTE F., GRATIOT J., SABATIER F., ROBIN N. (2010). *Morphodynamique de la plage de la Capte, Hyères (Var), suite à la mise en place d'atténuateurs de houle en géotextile*. XI^{èmes} Journées Génie-Civil, Génie-Côtier, 22-25 juin 2010. Les Sables d'Olonne, France, pp 369-378.
<https://doi.org/10.5150/jngcgc.2010.044-M>

MILANKOVITCH M. (1941) *Kanón der erdbestrahlung und seine anwendung auf das eiszeitenproblem*. Kóniglich Serbische Akademie, Spec. publ. 132, Section des Sciences Mathématiques et Naturelles Tome 33, 1941. (*in English : Canon of insolation and the ice-age problem*, by Israel Program for Scientific Translation, for the U.S. Department of Commerce and the National Science Foundation, Washington D.C., 1969).

TINGLE A. (2006). *Sea Level Rise – Elevation data provided by NASA*.

<http://flood.firetree.net/embed.php?w=1200&h=700&ll=46.227638,2.2137490000000007&zoom=5&m=13>