



Changement climatique et milieu marin en Corse

Report Card 2018

C1-Érosion côtière

L'érosion côtière

Extrait du document réalisé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (2017) :

Synthèse des connaissances sur les impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur le bassin de Corse – Impact sur le littoral

Thomas Pelte⁽¹⁾

Audrey Honorez⁽²⁾

Nicolas FRISSANT⁽³⁾

Julie Mugica⁽³⁾

⁽¹⁾Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Lyon, France

⁽²⁾Office d'Équipement Hydraulique de la Corse, 20600 Bastia, France

⁽³⁾BRGM Corse, 20600 Bastia, France

1 – L'élévation du niveau des mers

Une élévation du niveau de la mer déjà observée

A l'échelle planétaire, les données marégraphiques indiquent un taux moyen d'élévation du niveau de la mer (ENM) de 1.7 +/- 0.2 mm/an sur la période 1901-2014 (Church & White, 2011) confirmé par l'analyse récente de Wenzel & Schröter (2014). Pour comparaison, il a été estimé que depuis les 2-3 derniers millénaires, l'ENM était stabilisé à un taux d'environ 0.5 mm/an (Cazenave & Cozannet, 2014).

La chronique du marégraphe de Marseille dépasse les 120 ans. Sur la période 1849-2012, le taux d'élévation était de 1.08 mm/an +/- 0.04 mm (Wöppelmann *et al.*, 2014). Les travaux de Galassi *et al.* (2014) sont cohérents en montrant un taux d'élévation de 1.26 mm/an +/- 0.05 sur la période 1885-2012.

Depuis le début des années 1990, le niveau des océans est suivi par satellites. Cette technologie permet une représentation du niveau des mers avec une précision d'environ 2-3 cm (Cazenave & Cozannet, 2014). A partir de ces données, plusieurs travaux montrent un doublement du taux moyen annuel d'ENM de ces deux dernières décades par rapport au taux du XX^{ème} siècle. Sur la période 1993-2014, ce taux serait de 3.2 +/- 0.4 mm/an (Cazenave & Cozannet, 2014; Nerem *et al.*, 2010). Rietbroek *et al.* 2016 montrent une tendance de 2.74 +/- 0.58 mm/an sur la période 2002-2014. Avec une contribution majoritaire de l'expansion thermique de + 1.38 +/- 0.16 mm/an et de la fonte des glaciers (calottes polaires incluses) de 1.37 +/- 0.09 mm/an. Ces résultats traduisent notamment la contribution importante de l'expansion thermique, bien supérieure aux estimations passées (Rietbroek *et al.*, 2016).

Une ampleur du phénomène difficile à caractériser pour l'avenir

Même si cela est probable, compte tenu des nombreuses incertitudes les scientifiques gardent une certaine réserve sur le fait que cette intensification de l'élévation du niveau des mers se poursuivra dans le futur. Ces observations sont réalisées sur une période de temps trop courte. De plus le niveau des mers est fonction de la variabilité multi décennale des cycles des grands courants océaniques dont les projections sont incertaines (Chambers *et al.*, 2012; Ezer *et al.*, 2013; Rietbroek *et al.*, 2016). A souligner également qu'à partir des mêmes données, les résultats des projections peuvent être contradictoires, ajoutant une forte incertitude associée à la méthode utilisée (Visser *et al.*, 2015).

Hormis les calottes polaires, la seule fonte des glaciers entraînerait une augmentation du niveau moyen des mers de 0,4m. Mais l'ENM ne s'arrêtera pas avec la fonte des glaciers ni suite à une diminution des émissions des GES. L'expansion thermique des océans continuera pendant les siècles à venir du fait de l'inertie des transferts de chaleur en profondeur des océans. C'est ce processus qui sera le principal moteur de l'élévation des océans. A la fin du siècle, l'expansion thermique devrait représenter 30 à 55 % de l'ENM suivie par la fonte des glaciers pour environ 15 à 35 %. Ainsi les projections à l'horizon 2300 sont une élévation de moins de 1 m à plus de 3 m sous le scénario le plus pessimiste (IPCC, 2014).

En réponse au réchauffement des océans, à la fonte des glaciers et des calottes polaires, le Vème rapport du GIECC projette une ENM comprise entre 26 et 55 cm sous le RCP 2.6 et entre 45 et 82 cm pour le RCP 8.5

pour la fin du siècle par rapport à la période 1985-2005 (Tableau 1).

Scénarios	Fourchettes pour 2046-2065 / 2081-2100
RCP2.6	0.17 - 0.31 / 0.26 - 0.55
RCP4.5	0.19 - 0.33 / 0.32 - 0.63
RCP6.0	0.18 - 0.32 / 0.33 - 0.63
RCP8.5	0.22 - 0.37 / 0.45 - 0.82

Tableau 1 :

Projections de l'élévation du niveau moyen global de la mer à la fin du XXIème siècle (en mètres pour 2046-2065 et 2081-2100 par rapport à 1986-2005). Les fourchettes de valeurs données pour chaque scénario d'émission correspondent à une probabilité de 67 % (changement « probable »). (IPCC, 2014)

Des travaux basés sur des méthodes semi-empiriques projettent des augmentations supérieures, de l'ordre du mètre. Si ces résultats sont controversés de par la méthodologie employée, les incertitudes, notamment concernant la contribution de la fonte des calottes de l'Arctique et du Groenland, nécessitent de considérer la possibilité d'une augmentation supérieure aux fourchettes établies par le GIEC.

Jevrejeva *et al.* (2014), ont réalisé une fonction de probabilité de l'ENM (Figure 1) à partir de modèles à base physique sous le scénario RCP8.5 pour la fin du siècle. En intégrant les incertitudes sur les différents processus et les contributions relatives à l'ENM, il ressort qu'il est probable à 95 % que l'ENM ne dépasse pas 1.80 m à l'horizon 2100. La médiane correspond à une augmentation de 80 cm (Jevrejeva *et al.*, 2014)

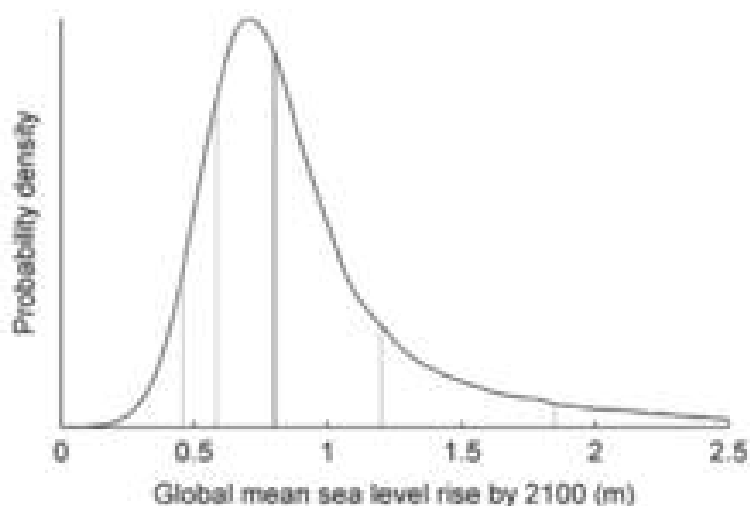


Figure 1 :

Projection d'élévation globale de la mer à l'horizon 2100 par rapport à 2000 sous le scénario RCP 8.5 et incertitudes. De gauche à droite, les barres verticales représentent les 5, 17, 50, 83 et 95^{ème} percentiles de la courbe de densité de probabilité (Jevrejeva *et al.*, 2014).

En Méditerranée, l'augmentation du niveau de la mer, seulement sous l'effet de l'expansion thermique, serait comprise entre +34 et +49 cm à l'horizon 2070-2099 par rapport à 1961-1990 en fonction des SRES. L'élévation totale serait de + 50 à + 80 cm (Figure 2 ; Adloff *et al.*, 2015).

Les travaux de Galassi et al 2014, montrent une augmentation probable de la Méditerranée à l'horizon 2040-2050 comprise entre +9.8 et +25.6 cm (minimum et maximum) dont la cause principale à cet horizon serait la fonte des glaciers terrestres (Galassi & Spada, 2014).

L'élévation du niveau de la mer tendra à aggraver l'érosion, l'accrétion, les submersions et les intrusions salines. Pour chacun de ces impacts, les incertitudes entourant ces projections sont fortes du fait des particularités locales des côtes et de la combinaison de plusieurs facteurs, l'ENM étant l'un d'eux mais pas forcément le facteur principal. (Cazenave & Cozannet, 2014; Cramer *et al.*, 2014).

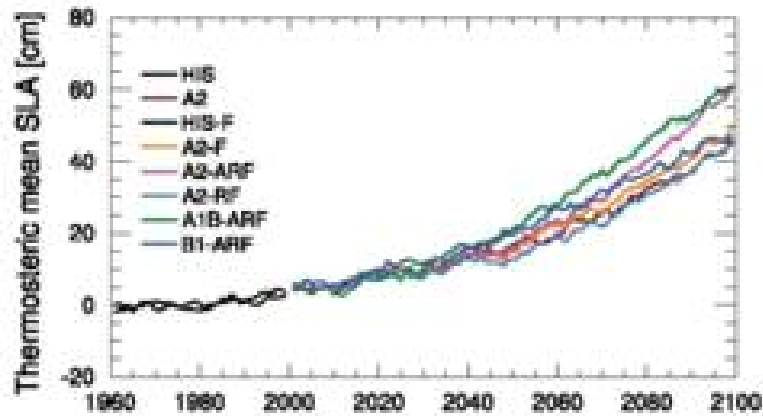


Figure 2 :

Anomalies annuelles moyennes du niveau de la mer Méditerranée (en cm) sous l'effet seul de l'expansion thermique pour l'ensemble des simulations (courbes colorées) par rapport à 1961-1990 (Adloff *et al.*, 2015).

2 – Impact sur la submersion marine

Les submersions temporaires sont le résultat de deux processus principaux : la surcote atmosphérique (aussi appelée onde de tempête) induite par les conditions de vent et de pression atmosphérique et la surcote liée aux vagues induite par le déferlement des vagues à la côte. Un autre phénomène, le jet de rive, entraîne des submersions temporaires. Il représente le flux et le reflux des vagues (considérées individuellement) sur la côte (Figure 3). Les phénomènes extrêmes sont donc imputables à la conjonction de ces différents phénomènes entre eux. En Méditerranée, le marnage induit par la marée n'est pas un facteur dominant les submersions puisqu'il est de l'ordre d'une dizaine de centimètres.

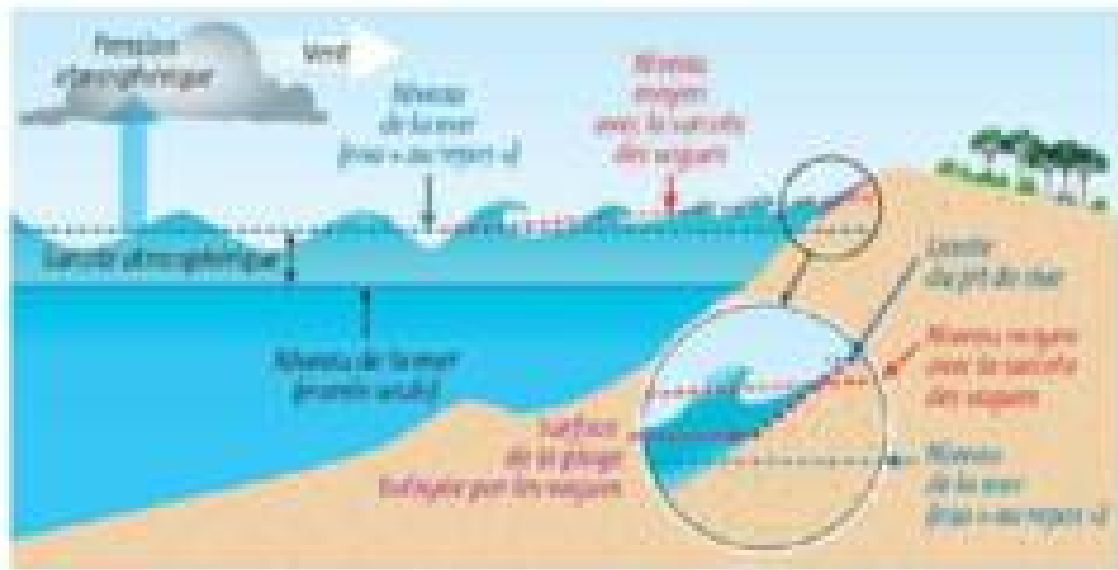


Figure 3 :

Principaux phénomènes physiques contrôlant le niveau d'eau ; ce schéma n'est pas à l'échelle. (Planton *et al.*, 2015)

Le V^{ème} rapport du GIEC projette sous les RCP 4.5 et 8.5 une légère diminution de la fréquence des tempêtes dans l'hémisphère nord. L'indice de confiance sur ces projections est cependant faible, notamment en Méditerranée (IPCC, 2013). Les études publiées depuis présentées ci-dessous montrent une tendance similaire.

A partir des projections climatiques issues de 7 modèles forcés par le scénario A1B et d'un modèle hydrodynamique de surface (HYPSE), Conte *et al.* 2013 ne montrent pas de tendance claire d'évolution des surcotes atmosphériques à l'horizon 2021-2050 en Méditerranée par rapport à la période de référence 1971-2050. Les résultats des modélisations projettent des modifications des ondes de tempête de plus ou moins 5% (majorité négative). Il est difficile d'en dégager une tendance du fait de résultats contradictoires spatialement et de nom-

breuses incertitudes. En revanche les auteurs présentent une tendance significative à la baisse de l'amplitude des phénomènes extrêmes (minimum comme maximum) et cela malgré les incertitudes (Conte & Lionello, 2013).

Les travaux d'Androulidakis *et al.* (2015), également réalisés sous le scénario A1B, projettent peu d'évolution des tempêtes à l'ouest de la Méditerranée. La fréquence des tempêtes d'hiver pourrait diminuer. La hauteur maximale des surcotes dues aux tempêtes diminuerait légèrement dans le Golfe du Lion de 0 à -4% et augmenterait légèrement sur le littoral PACA de 0 à +4% à l'horizon 2050 par rapport à la période 1951-2000. Les hauteurs maximales à la fin du siècle par rapport à la première moitié du XXIème siècle diminueraient de -4 à -6%. La durée des événements serait raccourcie (Androulidakis *et al.*, 2015).

A partir du modèle climatique ARPEGE forcé sous trois scénarios (B1, A1B et A2) et du modèle océanique à base physique, HAMSON. Šepić *et al.* 2012 proposent des tendances d'évolution de la variabilité des hauteurs d'eau maximales en Méditerranée à l'horizon 2100. Il ressort une tendance significative, particulièrement d'octobre à décembre pour les scénarios A1B et A2 (moyens et pessimistes), à une diminution de la variabilité (en considérant le 75ème centile). A l'inverse, la variabilité des niveaux extrêmes tendrait à augmenter (Šepić *et al.*, 2012).

On peut retenir de ces travaux que les niveaux d'eau maximum augmenteront sous l'effet de l'élévation du niveau des mers uniquement. L'analyse des niveaux extrêmes passés montre une tendance similaire avec une augmentation des niveaux extrêmes du même ordre de grandeur que l'ENM ainsi qu'une légère diminution de la variabilité (Planton *et al.*, 2015 ; Woodworth & Menéndez, 2015).

4 - Références bibliographiques

- Adloff, F., Somot, S., Sevault, F., Jordà, G., Aznar, R., Déqué, M., Herrmann, M., Marcos, M., Dubois, C., Pardo, E., others, 2015. Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios. *Clim. Dyn.* 45, 2775–2802.
- Androulidakis, Y.S., Kombiadou, K.D., Makris, C.V., Baltikas, V.N., Krestenitis, Y.N., 2015. Storm surges in the Mediterranean Sea: Variability and trends under future climatic conditions. *Dyn. Atmospheres Oceans* 71, 56–82.
- Cazenave, A., Cozannet, G.L., 2014. Sea level rise and its coastal impacts. *Earths Future* 2, 15–34. doi:10.1002/2013EF000188
- Chambers, D.P., Merrifield, M.A., Nerem, R.S., 2012. Is there a 60-year oscillation in global mean sea level? *Geophys. Res. Lett.* 39.
- Conte, D., Lionello, P., 2013. Characteristics of large positive and negative surges in the Mediterranean Sea and their attenuation in future climate scenarios. *Glob. Planet. Change* 111, 159–173.
- Cramer, W., Yohe, G.W., Auffhammer, M., Huggel, C., Molau, U., Dias, M.S., Leemans, R., 2014. Detection and attribution of observed impacts, in: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, pp. 979–1038.
- Ezer, T., Atkinson, L.P., Corlett, W.B., Blanco, J.L., 2013. Gulf Stream's induced sea level rise and variability along the US mid-Atlantic coast. *J. Geophys. Res. Oceans* 118, 685–697.
- Galassi, G., Spada, G., 2014. Sea-level rise in the Mediterranean Sea by 2050: Roles of terrestrial ice melt, steric effects and glacial isostatic adjustment. *Glob. Planet. Change* 123, 55–66.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.
- Jevrejeva, S., Grinsted, A., Moore, J.C., 2014. Upper limit for sea level projections by 2100. *Environ. Res. Lett.* 9, 104008.
- Nerem, R.S., Chambers, D.P., Choe, C., Mitchum, G.T., 2010. Estimating mean sea level change from the TOPEX and Jason altimeter missions. *Mar. Geod.* 33, 435–446.
- Planton, S., Le Cozannet, G., Cazenave, A., Costa, S., Douez, O., Gauffrès, P., Hissel, F., Idier, D., Laborie, V., Petit V., Sergent, P., sous la direction de Jouzel, J., 2015. *Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*. Rapport. Le climat de la France au XXIème siècle, volume 5, 71p.

- Rietbroek, R., Brunnabend, S.-E., Kusche, J., Schröter, J., Dahle, C., 2016. Revisiting the contemporary sea-level budget on global and regional scales. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 1504–1509.
- Roche, A., Costa, S., Colas, S., Garnier, E., Vigné, P., Jouatel, J., 2016. Développer la connaissance et l'observation du trait de côte, contribution nationale pour une gestion intégrée. Rapport du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, réalisé par le CEREMA, 25p.
- Šepić, J., Vilibić, I., Jordà, G., Marcos, M., 2012. Mediterranean Sea level forced by atmospheric pressure and wind: Variability of the present climate and future projections for several period bands. *Glob. Planet. Change* 86, 20–30.
- Visser, H., Dangendorf, S., Petersen, A.C., 2015. A review of trend models applied to sea level data with reference to the “acceleration-deceleration debate.” *J. Geophys. Res. Oceans* 120, 3873–3895.
- Woodworth, P.L., Menéndez, M., 2015. Changes in the mesoscale variability and in extreme sea levels over two decades as observed by satellite altimetry. *J. Geophys. Res. Oceans* 120, 64–77.
- Wöppelmann, G., Marcos, M., Coulomb, A., Míguez, B.M., Bonnetain, P., Boucher, C., Gravelle, M., Simon, B., Tiphaneau, P., 2014. Rescue of the historical sea level record of Marseille (France) from 1885 to 1988 and its extension back to 1849–1851. *J. Geod.* 88, 869–885.