

L'élévation du niveau de la mer et les risques côtiers

■ Gonéri LE COZANNET

L'élévation du niveau de la mer est un processus qui s'est enclenché avec le réchauffement climatique d'origine humaine. Si ce phénomène ne peut plus être raisonnablement arrêté, sa vitesse dépendra des émissions de gaz à effet de serre et de la réponse des calottes de glace au réchauffement climatique. Ainsi, des politiques climat ambitieuses, limitant les émissions de gaz à effet de serre de manière massive et immédiate, peuvent apporter des bénéfices importants pour l'adaptation côtière en rendant possible de nombreuses options.

Causes et observations de l'élévation du niveau de la mer

Les observations sont claires : à l'échelle globale, l'élévation du niveau de la mer est en accélération. Pendant la période 1901-1990, le taux d'élévation du niveau marin moyen mondial était de 1,35+/-0,6 mm/an (0,78-1,92 mm/an, fourchette très probable). Sur la période 1993-2018, l'élévation du niveau marin s'accélère et atteint 3,25+/-0,4 mm/an (Fox-Kemper et al., 2021). Dans la plupart des régions dans le monde, les niveaux extrêmes de la mer augmentent de façon cohérente avec cette élévation du niveau marin moyen, favorisant les submersions marines, l'érosion des côtes et les intrusions salines.

Les causes de l'élévation du niveau de la mer sont aujourd'hui bien comprises : à l'échelle globale, ce phénomène est essentiellement dû au changement climatique d'origine humaine, qui engendre le réchauffement et l'expansion thermique des océans ainsi qu'une fonte des glaces de montagnes et des calottes polaires. À l'échelle régionale et locale, il peut être amplifié par des mouvements verticaux du sol (subsidence) ou par la dynamique océanique.

Les projections montrent que le niveau marin continuera à s'élever pendant des siècles, notamment en raison de

MOTS-CLÉS

Réchauffement climatique, anthropocène, anthropique, expansion thermique, fonte des glaces, GIEC

la réponse lente des calottes de glace au réchauffement climatique d'origine humaine (figure 1). En réalité, dépasser 1,5°C de réchauffement climatique rend inévitable un dépassement de 2 m d'élévation du niveau de la mer, sans doute bien après 2100. Pour le XXI^e siècle, la vitesse de l'élévation du niveau marin dépendra, d'une part, de nos émissions de gaz à effets de serre et, d'autre part, de la réponse de l'océan et des glaciers et calottes polaires à ce réchauffement. Les projections indiquent des valeurs de 0,5 à 1 mètre en 2100 selon les scénarios, mais des valeurs bien supérieures au mètre ne peuvent pas être exclues en cas d'effondrement de certains secteurs de l'Antarctique ou d'une fonte rapide du Groenland.

Conséquences de l'élévation du niveau marin

Au cours du XX^e siècle, le littoral s'est transformé dans de nombreuses régions, notamment en raison d'activités humaines modifiant les écosystèmes côtiers et les processus naturels de transport sédimentaire. Depuis le début des années 2000, les conséquences du réchauffement climatique deviennent de plus en plus évidentes dans les zones littorales. Par exemple, le réchauffement des océans affecte la biodiversité marine et les activités qui en dépendent telles que la pêche.

En ce qui concerne l'élévation du niveau de la mer, les évidences commencent également à s'accumuler. Dans les zones où l'élévation du niveau marin est accentuée par la subsidence (enfouissement) du sol comme en Virginie sur la côte Est des États-Unis, on observe depuis plusieurs décennies une augmentation des submersions marines à marée haute par temps calme. Ce type d'évènement est aujourd'hui observé dans d'autres secteurs, y compris dans des régions où le sol est relativement stable, en

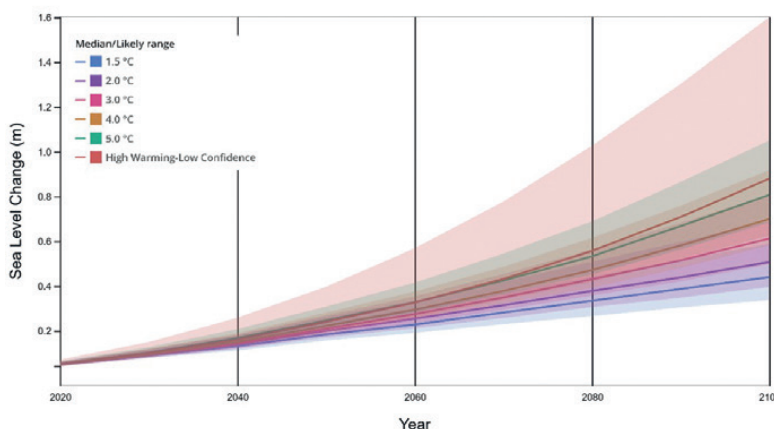


Figure 1. Projections globales d'élévation du niveau de la mer pour différents niveaux de réchauffement climatique, en 2100, par rapport à la période préindustrielle. Le scénario "High-Warming-low confidence" correspond à un effondrement précoce de secteurs de la calotte Antarctique.

(Source : NASA <https://sealevel.nasa.gov/pcc-ar6-sea-level-projection-tool>, GIEC, 2023)

Australie ou en Guyane française, par exemple (Longueville et al., 2022). Des études commencent également à mettre en perspective l'évolution des coûts des submersions marines lors de tempêtes avec l'élévation du niveau de la mer, aux États-Unis notamment. Enfin, les spécialistes australiens et américains de l'érosion présentent de plus en plus de plages sableuses dont l'érosion est difficile à expliquer sans l'élévation du niveau marin.

Au cours des prochaines décennies, l'élévation du niveau marin causera une accentuation de ces phénomènes. L'une des questions les plus urgentes est certainement celle des submersions chroniques à marée haute, un phénomène qui reste aujourd'hui peu anticipé dans les ports et les villes côtières et dont les études scientifiques nous rappellent qu'elles vont se multiplier dans le monde au cours de la décennie 2030. Si les conséquences, notamment humaines, sont moindres que pour des submersions marines survenant lors de tempêtes, les retours d'expérience effectués aux États-Unis montrent que les coûts indirects, résultant de l'interruption d'activités économiques, notamment portuaires, peuvent être importants.

À plus long terme, nous savons que dépasser 1,5°C de réchauffement climatique conduira inéluctablement à un dépassement de 2 mètres d'élévation du niveau marin, sans doute bien au-delà de 2100 (CoCliCo/PROTECT, 2022). Si de telles échéances peuvent paraître lointaines, il faut également songer que certaines infrastructures côtières ont des durées de vie très élevées allant

jusqu'au siècle dans le cas de sites industriels ou de centrales nucléaires. Choisir aujourd'hui avec soin la localisation de telles infrastructures peut se faire à un coût relativement faible, alors que leur protection ou leur relocalisation pourrait devenir très coûteuse ou difficile techniquement dans quelques décennies.

Les risques côtiers et l'adaptation

Les risques résultent de la rencontre entre un aléa, tel que la submersion marine ou érosion côtière, avec des personnes, des biens ou des écosystèmes exposés et plus ou moins vulnérables. L'élévation du niveau de la mer implique que les aléas submersion et érosion sont en augmentation. Mais en réalité, l'exposition aux risques augmente également, comme cela a bien été montré dans le dernier rapport du GIEC (GIEC, 2023). En Asie, notamment, les projections indiquent que 16 millions de personnes supplémentaires seront exposées à l'élévation du niveau de la mer d'ici à 2040, la moitié d'entre elles étant de nouveaux habitants en provenance d'autres régions et s'installant dans les zones basses, notamment des grands deltas (*figure 2*). Dans ce type de situation, une mesure peut consister à limiter l'augmentation de l'exposition aux risques autant que possible. Ces contraintes à l'urbanisme, qui prennent la forme des plans de prévention des risques littoraux en France, ont l'avantage de laisser des espaces disponibles pour les écosystèmes côtiers, limitant ainsi leur déclin.

Pour les infrastructures existantes, différentes options sont disponibles. La mesure la plus utilisée reste la protection, par des moyens d'ingénierie côtière ou en utilisant des écosystèmes dunaires, par exemple. Une autre mesure peut consister à anticiper un déplacement des enjeux. Cette option rencontre généralement un enthousiasme modéré chez les acteurs concernés. Elle peut être motivée par le constat que la protection des côtes est coûteuse, nécessite une planification sérieuse et implique des compromis, notamment sur la protection des écosystèmes côtiers. Typiquement, une barrière estuarienne permettant de réduire l'aléa de submersion peut coûter plusieurs milliards d'euros, se construit sur des périodes allant de 10 à 40 ans et a des conséquences importantes et souvent mal comprises sur les écosystèmes (Orton et al., 2023). La *figure 3* présente une telle infrastructure, l'Oosterscheldekering, sur l'Escaut aux Pays-Bas. Le déplacement des enjeux rencontre un intérêt en France à l'échelon national, notamment depuis la publication de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte depuis une dizaine d'années. Il se matérialise plus difficilement sur le terrain où les intérêts immédiats des acteurs vont rarement dans le sens d'un déplacement de leurs activités. On peut néanmoins citer le cas du village de Miquelon, où la relocalisation pourrait devenir un projet porté par les habitants eux-mêmes (Philippenko, 2022). Entre ces deux options extrêmes de protection à tout prix et de relocalisation, des réponses visant à réduire la vulnérabilité aux submersions peuvent être mises en œuvre. Il peut s'agir, par exemple, de construire des maisons à pilotis comme sur les atolls de Polynésie française, ou bien de la dépoldérisation de marais afin d'atténuer le pic de niveau d'eau lors des tempêtes, en favorisant le déversement de l'eau dans des zones humides plutôt que de risquer un débordement dans des zones habitées en canalisant les estuaires de manière excessive. Si elles apportent des bénéfices immédiats, ces méthodes perdent en efficacité au fur et à mesure que le niveau marin s'élève.

Source : GIEC, 2023.

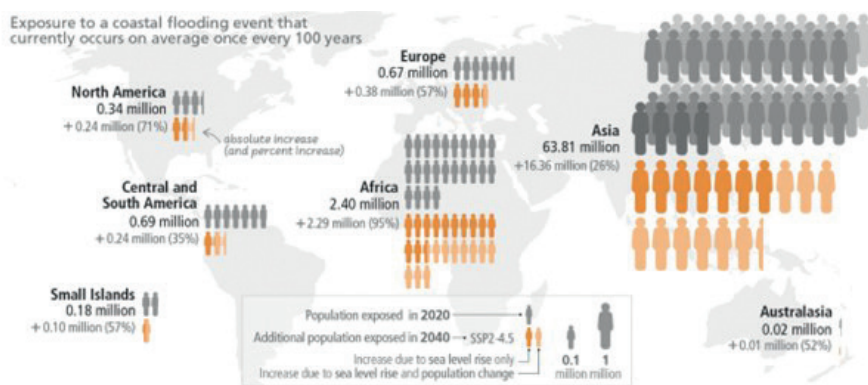


Figure 2. Populations exposées, actuellement et en 2040, à une tempête centennale (probabilité annuelle de survenance de 0,01).



© Goneri Le Cozannet

Figure 3. Barrière estuarienne de l'Oosterscheldekering aux Pays-Bas. Achèvement en 1986, la barrière peut être fermée une fois par an en fonction de la survenance de tempêtes à marée haute. Avec l'élévation du niveau de la mer, les travaux de l'Institut royal de météorologie des Pays-Bas (KNMI) montrent que la barrière devra être fermée de plus en plus souvent, ce qui posera de nouveaux défis pour la gestion et l'amélioration de cette infrastructure.



Une autre option, rarement motivée par l'élévation du niveau de la mer, peut consister à avancer vers la mer. Aux Maldives, par exemple, de plus en plus d'îles sont agrandies ou construites en déposant des sédiments sur le platier récifal. Lors de la construction de ces îles, l'élévation du niveau de la mer est prise en compte en rehaussant le sol par rapport aux îles naturelles. Les conséquences sur les écosystèmes, notamment coralliens, sont souvent défavorables et la motivation principale reste la création d'espace pour le développement urbain.

Un agenda pour l'adaptation côtière ?

Si l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer est conceptuellement bien décrite depuis plusieurs décennies, les modalités précises de sa mise en œuvre sont plus complexes. Pour cela, la dimension économique, sociale et politique de l'adaptation doit être comprise et les moyens de mise en œuvre doivent être financés, y compris

en ce qui concerne la phase de concertation. Spécifiquement, au-delà de la dimension technique et d'aménagement du territoire, on peut identifier les dimensions suivantes de l'adaptation :

- le processus politique qui régit la gouvernance de l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer : réglementation, décisions à différentes échelles de temps, de l'échelle nationale et européenne, à l'échelle locale ;
- le processus de planification pour évaluer les risques, les options à mettre en œuvre, les réponses et à évaluer les résultats ;
- les aspects sectoriels de l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer dans des domaines tels que la gestion de l'espace public, de l'usage des sols, l'agriculture, la pêche, l'aquaculture, le tourisme, la santé et les activités portuaires ;
- les mesures transsectorielles qui soutiennent l'adaptation, en particulier – mais pas uniquement – à l'élévation du niveau de la mer telles que le financement de l'adaptation, les mécanismes assurantiels, les politiques sociales, le développement

d'espaces de concertation au niveau local ou des services climatiques.

Dans beaucoup de pays, et notamment en France, des progrès importants ont été faits pour l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer au cours des 30 dernières années ; un exemple particulièrement marquant étant la prise en compte d'un scénario de niveau marin de 60 cm en 2100 depuis 2011 pour la réalisation de plan de prévention des risques littoraux. Mais définir un scénario de changement climatique ne dit rien des mesures que l'on entend mettre en œuvre pour s'adapter à l'élévation du niveau de la mer. Surtout, aucun acteur ne s'adapte à l'élévation du niveau marin seule : il s'agit aussi de faire face à l'augmentation des vagues de chaleur, des sécheresses et des pluies intenses, de commencer à ralentir le déclin rapide de la biodiversité et de répondre aux besoins urgents en matière de santé publique et de qualité de vie des citoyens.

Dans le 6^e rapport du GIEC, l'atteinte de ces objectifs de développement durable est appelée "développement résilient

face au changement climatique". Il s'agit clairement d'une rupture dans les modes de développement actuels, agir en mobilisant les réponses efficaces recensées dans les rapports du GIEC et d'autres rapports scientifiques, est le moyen dont nous disposons pour améliorer la qualité de vie des gens malgré le changement climatique. Les mettre en œuvre nécessitera de définir des objectifs clairs en matière de développement et d'adaptation, en portant une attention toute particulière à l'équité et à la justice des mesures mises en œuvre. ●

NDLR Dossier "Littoral menacé, un trait de côte qui recule", sept articles dans la revue Géomètre n° 2215, juillet – août 2023.

Contact

Gonéri Le Cozannet,
co-auteur du 6^e rapport du GIEC,
g.lecozannet@brgm.fr

Références

Longueville, François ; Thiéblemont, Rémi ;
Bel Madani, A. ; Idier, Déborah ; Palany,
P. ; D'Anna, M. ; Dutrieux, P. C. ; Védie, L. ;
Lanson, Méline ; Suez Panama Bouton, B.

(2022) - *Impacts du changement climatique sur différents paramètres physiques en Guyane : caractérisation et projection* - GuyaClimat. Rapport final . BRGM/ RP-72111-FR, 349 p. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-72111-FR>

Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: *Ocean, Cryosphere and Sea Level Change*. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211-1362, doi:10.1017/9781009157896.011. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter09.pdf
GIEC, 2023 : https://report.ipcc.ch/ar6sy/pdf/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
CoCliCo/PROTECT, 2022. Note d'orientation : à quelle échéance l'élévation du niveau

de la mer dépassera-t-elle 2 mètres ? Comment s'y adapter ? <https://coclicoservices.eu/note-dorientation-a-quellev-echeance-lelevation-du-niveau-de-la-mer-depassera-t-elle-2-metres-comment-sy-adapter/>

Orton, P., Ralston, D., van Prooijen, B., Secor, D., Ganju, N., Chen, Z., Fernald, S., Brooks, B. and Marcell, K., 2023. *Increased utilization of storm surge barriers: A research agenda on estuary impacts*. *Earth's Future*, 11(3), p.e2022EF002991.

Philippenko, 2022. <https://theconversation.com/que-faire-face-a-la-montee-du-niveau-de-la-mer-lexemple-de-miquelon-village-en-cours-de-deplacement-177786>

ABSTRACT

Sea-level rise is a process that has been set in motion by man-made global warming. While this phenomenon can no longer be reasonably halted, its speed will depend on greenhouse gas emissions and the response of ice caps to global warming. Ambitious climate policies, which limit greenhouse gas emissions massively and immediately, can bring major benefits for coastal adaptation by making many options possible.

• géomatique • topographie • SIG • géomatique • cartographie • génie civil •

photogrammétrie • géodésie • métrologie • hydrographie

POUR COMMUNIQUER PENSEZ À L'AFT
ANNONCES, BANNIÈRES, ÉVÈNEMENTS

L'AFT rapproche tous les professionnels de la topographie et de la géomatique (producteurs, utilisateurs, enseignants...)

photogrammétrie • géodésie • métrologie • hydrographie

CONTACT : SAMUEL GUILLEMIN
Tél : 06 72 12 08 97 Courriel : communication@aftopo.org

• géomatique • topographie • SIG • géomatique • cartographie • génie civil •