



L'élévation du niveau des mers

par Mariam Grigoryan
stagiaire en analyse de données
SCM SA

mars 2023

Le présent travail met à jour le "Livre Blanc" publié par la SCM en 2015, en ce qui concerne le niveau de la mer. La conclusion est simple : les tendances mises en évidence en 2015 se maintiennent à ce jour et il ne s'est produit aucun phénomène qui puisse justifier une inquiétude particulière.

I. Les données

Les données relatives au niveau de la mer à Brest nous ont initialement été communiquées par l'Ingénieur Général de l'Armement Yves Desnoës, ancien directeur du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), que nous remercions vivement. C'est de lui, grâce aux exposés qu'il a présentés par le passé au séminaire de la SCM, que nous vient l'intérêt pour ce sujet tout à fait fascinant.

Les données récentes nous ont été fournies par M. Nicolas Pouvreau, Expert niveau de la mer au SHOM et animateur de la coordination nationale de l'observation du niveau de la mer – REFMAR ; il nous dit :

"Les niveaux moyens de la mer sont calculés, pour la France, par SONEI (Shom, IGN, CNRS, LIENSs, LEGOS) et transmis ensuite au PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level, British Oceanographic Data Centre) <https://psmsl.org/data/obtaining/rlr.php>.

Les niveaux moyens annuels sont téléchargeables jusqu'en 2021 sur le site SONEI : <https://www.sonel.org/?page=maregraphe&idStation=1736>

Le PSMSL joue, dans le cadre du programme GLOSS de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, le rôle de collecteur, calculateur et de diffuseur des niveaux moyens mensuels et annuels des mesures de hauteur d'eau pour le monde entier. SONEI joue, dans ce même programme mondial d'observation du niveau de la mer, le rôle de centre de don-

nées GNSS aux marégraphes (fournir les niveaux absolus du niveau de la mer corrigés des mouvements verticaux de la croûte terrestre).

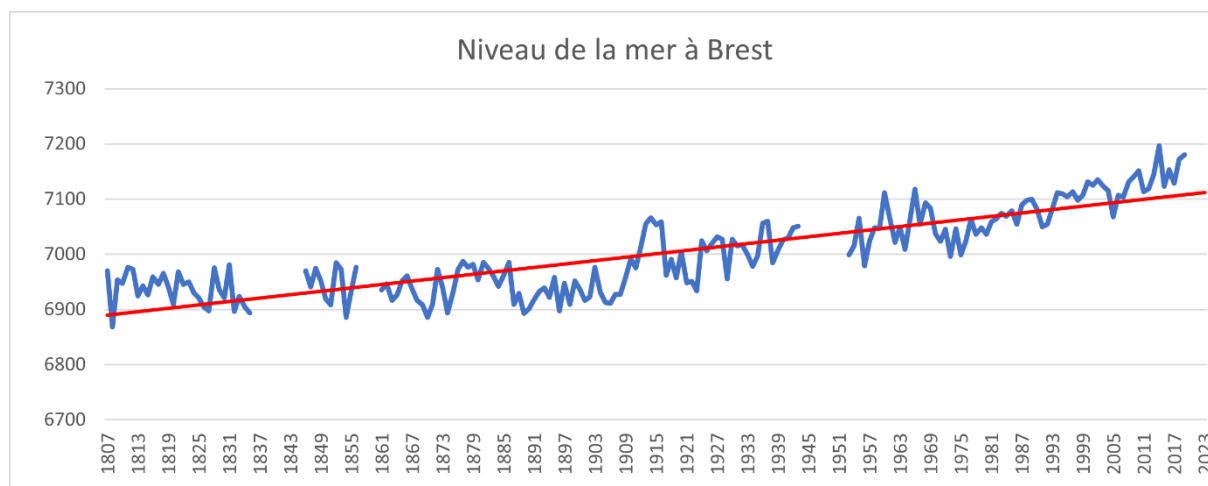
De même, pour le volet "niveau moyen mesuré par altimétrie spatiale", des produits similaires sont issus de la recherche française : CNES, LEGOS, CLS :

<https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/ocean-indicators-products/mean-sea-level.html>

Nous le remercions vivement pour ces indications.

II. A Brest

Le niveau de référence est défini à environ 7 000 mm au-dessous du niveau moyen de la mer, ceci afin d'éviter des chiffres négatifs dans les valeurs moyennes mensuelles et annuelles. Ce choix est absolument sans importance : ce sont les variations qui importent. Il n'existe pas, et ne peut exister, de "niveau 0" pour le niveau de la mer. Voici les données ; il s'agit de moyennes annuelles. Certaines années sont manquantes.

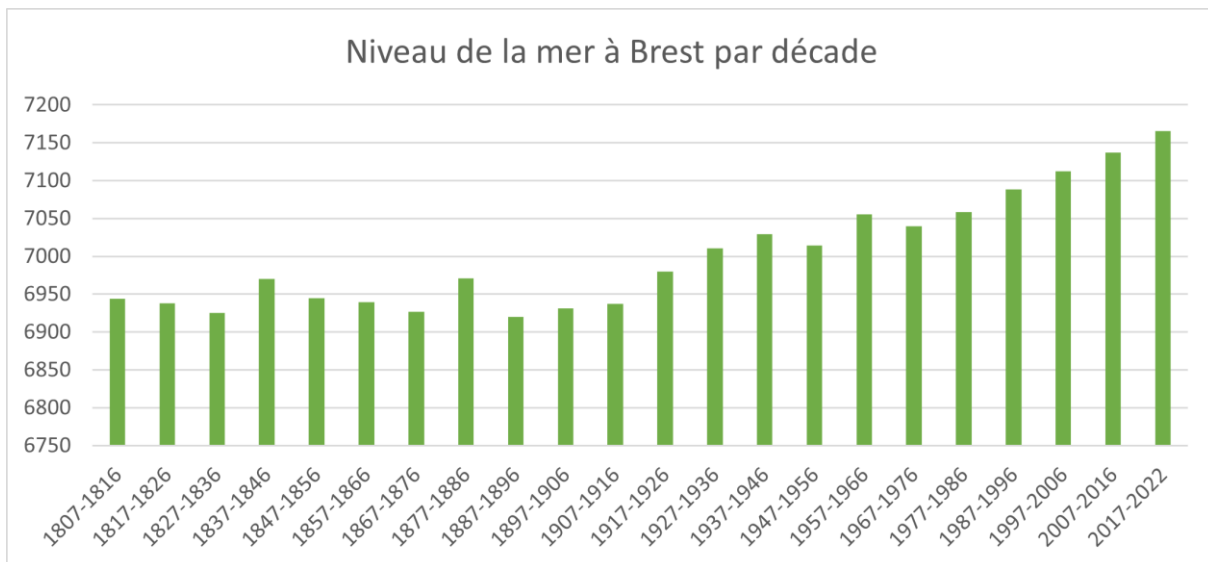


L'équation de la droite de régression est :

$$y = 1.0292 x + 6888.3$$

où x est en années et y en mm . Autrement dit, l'élévation moyenne est de 1.03 mm par an et au terme des cent ans à venir, on peut s'attendre à une élévation de 103 mm, ou 10.3 cm.

Voici l'évolution de la moyenne par décennie :



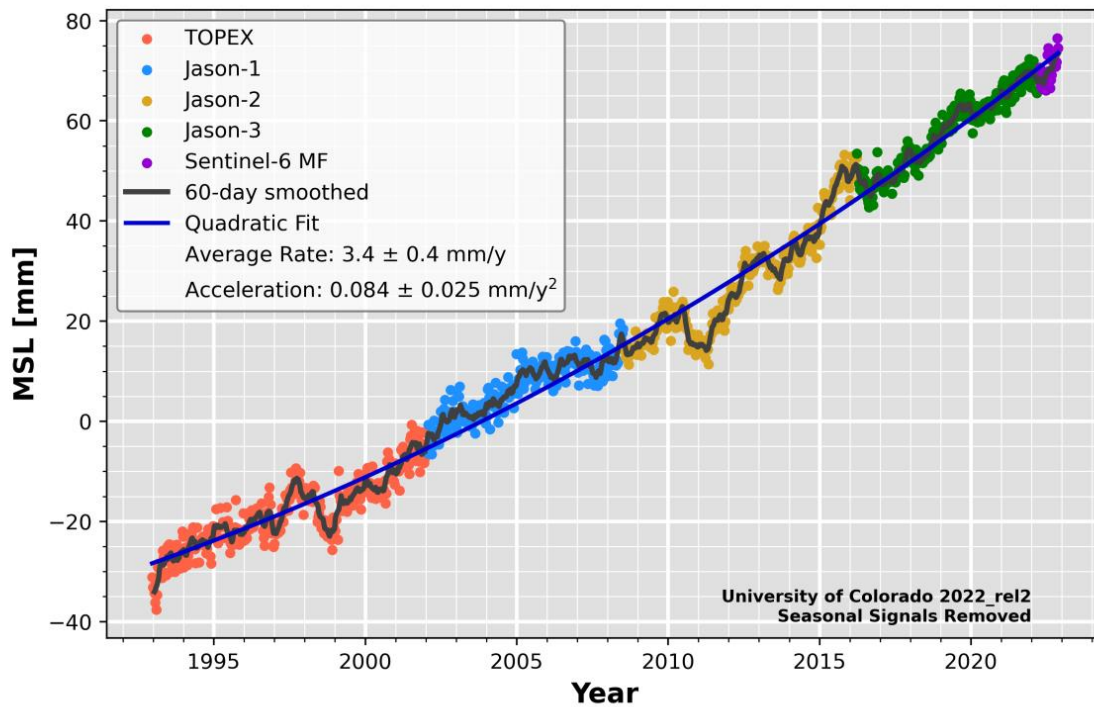
A Brest, les résultats diffèrent d'une année sur l'autre et même d'une décennie à l'autre. La très grande variabilité de la moyenne annuelle, d'une année sur l'autre, est vraisemblablement liée à la variabilité du climat. Lorsque la pression atmosphérique baisse, le niveau de la mer s'élève (la pression de la colonne d'air est plus faible).

On trouve ainsi des périodes de 30 ans pendant lesquelles le niveau moyen baisse. L'extrême variabilité du graphique ci-dessus montre qu'il n'est pas possible de faire une prévision fiable sur dix ans : dans les dix années qui viennent, le niveau peut aussi bien monter que baisser.

Notons bien que, lorsqu'on parle de variation du niveau de la mer (sous-entendu par rapport à la terre), on ne sait pas si c'est la mer qui monte ou la terre qui s'enfonce (ou les deux), voir plus bas. Les relevés du SHOM utilisent des marégraphes, qui existent depuis 200 ans environ.

III. Pour l'ensemble des océans

Pour l'ensemble des océans du globe, on dispose des travaux de l'Université du Colorado ; ils utilisent des satellites d'altimétrie, qui mesurent la hauteur du satellite au-dessus de l'océan ; ils existent depuis 20 ans : Topex/Poséidon (1992), Jason 1 (2001), Jason 2 (2008). Les données sont moyennées sur deux mois (moyenne glissante).



https://sealevel.colorado.edu/files/2022_rel2/gmsl_2022rel2_seasons_rmvd.txt

La croissance est alors d'environ 3.4 mm par an. Les résultats sont différents, selon que l'on utilise des marégraphes ou des satellites ; ceci peut se comprendre, car le SHOM est local et l'Université du Colorado globale, et les méthodes de mesure sont différentes.

La différence entre marégraphes et satellites peut provenir de ce qu'ils ne mesurent pas la même chose, mais, en ce qui concerne les satellites, on peut se poser la question de la mesure des incertitudes. La position des satellites est connue par référence à des balises au sol, mais il est très possible que les balises s'enfoncent (voir plus loin), auquel cas on aura l'impression que le niveau de la mer monte.

Historiquement, le niveau de la mer s'est élevé de 125 m en 20 000 années (source https://fr.wikipedia.org/wiki/élévation_du_niveau_de_la_mer), soit 6.25 mm par an. Il ne s'élève plus que de 1.2 mm par an (SHOM) depuis l'an 1 800, ou bien 3.4 mm/an (satellites) depuis 20 ans.

On constate, par comparaison avec le Livre Blanc de 2015, que la présente réactualisation ne fait intervenir aucune donnée singulière : les tendances demeurent les mêmes.

Les paragraphes qui suivent sont issus du Livre Blanc de 2015 ; nous les faisons figurer par souci d'être complet.

IV. Les tentatives d'explication

La plupart des gens se représentent la Terre comme un solide indéformable : une sorte de bloc de céramique où s'incrusterait des cuvettes, qui sont les océans. Quand on dit aux gens que le niveau monte dans ces cuvettes, cela leur semble inquiétant ; comme l'eau ne peut pas venir d'ailleurs (des espaces interplanétaires), cela semble signifier que l'eau présente "gonfle", ou bien que les glaces, en fondant, viennent l'alimenter. Dans les deux cas, cela proviendrait d'un hypothétique "réchauffement global", dont l'homme s'attribue volontiers la responsabilité.

La vision du globe terrestre comme un "bloc de céramique" est totalement erronée. L'écorce terrestre n'est pas du tout un solide indéformable ; au contraire elle est molle. Ceci est illustré par les deux faits suivants, qui sont bien établis :

- Déformation instantanée : elle est soumise à l'attraction de la Lune, qui la déforme à chaque passage ; l'amplitude verticale de ce phénomène (appelé "marée terrestre") est de l'ordre de 40 à 80 cm.
- Déformation à long terme : la tectonique des plaques montre aussi que la croûte n'est pas indéformable : de vastes plaques, de 10 à 100 km d'épaisseur, se déplacent à la surface du manteau terrestre, qui est constitué de roches en fusion. Ces plaques se heurtent les unes aux autres et peuvent se soulever. Le niveau n'est donc pas constant. Le déplacement vertical peut être de quelques mm par an.

Passons maintenant en revue les explications possibles relatives au changement du niveau des mers.

1. La dilatation thermique

Elle consiste à dire que si la température augmente les océans vont se dilater. Sans doute, mais le réceptacle (la Terre) se dilate aussi. Prenons une boule et dessinons une cuvette dessus ; faisons chauffer le tout. Le résultat n'est pas clair : selon les coefficients de dilatation que l'on prend, le volume de la cuvette augmentera plus vite et le niveau va baisser.

2. La fonte des glaces

Tout d'abord, la fonte d'un iceberg (glace qui flotte dans l'eau) ne peut modifier le niveau des mers : "Il est facile de vérifier que la fonte d'un morceau de glace pure flottant sur de l'eau pure se produit sans changement de niveau de l'eau. Le volume de glace immergé correspond en effet au volume d'eau liquide nécessaire pour égaler le poids du glaçon." (Wikipedia, Pousée d'Archimède, § application au cas d'un iceberg). La fonte des glaces au Pôle Nord ne peut donc modifier le niveau des mers.

La fonte des glaces terrestres (Groenland, divers glaciers, Antarctique) peut assurément modifier le niveau des mers de plusieurs dizaines de cm ; les estimations à ce sujet sont très variables car on ne connaît pas réellement la masse de ces glaces (les estimations faites consistent à multiplier une surface par une hauteur moyenne présumée).

3. El Nino

Un phénomène qui affecte le niveau de la mer est le courant chaud "El Nino" :

En 1982-83, le niveau de la mer aux Îles Christmas dans le Pacifique central s'est élevé de près de 10 cm. En octobre, le niveau de la mer était anormalement élevé de près de 25 cm sur près de 6 000 km à partir de l'Équateur. Alors qu'il s'élevait dans le Pacifique est, il s'affaissait simultanément dans le Pacifique ouest, exposant (et détruisant) les couches supérieures des fragiles récifs coralliens qui entourent de nombreuses îles. Les températures de surface aux Îles Galápagos et le long de la côte de l'Équateur étaient passées de 22°C à plus de 27°C (IFREMER).

Si on veut évaluer les variations sur de très longues périodes, il faut donc éliminer les effets dus à ce courant.

4. L'abrasion des terres par les fleuves

Les fleuves coulent depuis quelques milliards d'années, et ils emportent de la terre et des fragments rocheux, depuis les zones terrestres vers le fond des océans. A la différence du cycle de l'eau, le phénomène n'est pas réversible. Il se traduit par une diminution du volume des terres émergées et par un dépôt au fond des océans. Les quantités en jeu sont considérables, mais nous n'avons vu nulle part ce phénomène pris en compte.

5. La poussée d'Archimède

Pour l'essentiel, l'élévation du niveau des mers est due au refroidissement du noyau du globe terrestre, progressif en 5 milliards d'années. Du fait de cette contraction, les zones légères (les océans) tendent à s'élever par rapport aux zones lourdes (les montagnes) : c'est une simple conséquence de la poussée d'Archimède et l'homme n'y est pour rien.

V. Eléments historiques

Les faits suivant sont bien établis :

- La Terre a connu une ère glaciaire, durant environ 100 000 ans, dont nous sommes sortis il y a environ 20 000 ans. Elle connaît depuis un lent réchauffement. On ne connaît pas les raisons de ces changements. Il peut s'agir d'une variation de l'activité solaire. Les arguments s'appuyant sur un changement d'orbite terrestre sont faux (voir notre article sur les paramètres de Milankovitch).
- La quantité de glaces aux pôles varie considérablement d'une année sur l'autre. Voici ce qu'écrivait Roger Verceel en 1938 dans "A l'assaut des pôles" :

"Justement, il se passe un extraordinaire phénomène : en même temps que l'empire français, les banquises côtières ont craqué, se sont brisées, ont disparu... Des icefields, en 1816 et 1817, dérivent jusque sous le 40ème parallèle, à la hauteur de Tolède et de Naples ! Des icebergs de 60 mètres de haut sont signalés partout dans l'Atlantique : ce sont les morceaux des falaises de glace qui étreignaient les terres polaires.

Et voici que William Scoresby, le plus renommé des capitaines baleiniers anglais, écrit à Sir Joseph Banks, un des compagnons de Cook, et lui-même explorateur boréal, que depuis deux ans, lui, Scoresby, ne trouve plus de glaces sur les côtes groenlandaises, entre le 74ème et le 75ème degré de latitude nord. Pareille occasion d'atteindre le pôle en longeant la côte du Groenland ne se représentera pas de sitôt !"

Inversement, en mars 2010, une cinquantaine de navires, dont des ferries transportant des milliers de passagers, ont dû être dégagés par des brise-glaces suédois, après être restés bloqués pendant plusieurs heures dans les glaces de la mer Baltique, au large de Stockholm, et donc très au sud du pôle, à une saison où normalement il n'y a plus de glaces !

- Un réchauffement de quelques degrés n'affectera pas la fonte des glaces de l'Antarctique, où la température est inférieure à -40°C.

Nous résumerons ce paragraphe en disant que la variation de quantité de glace sur la planète est un phénomène bien admis (aussi certain que l'on peut l'être sur une telle question !). La variabilité immédiate du phénomène est si grande que des mesures sur quelques centaines d'années sont dépourvues de signification.

VI. Complément méthodologique : la précision des satellites

par Bernard Beauzamy

Le graphe de l'Université du Colorado annonce une précision de 0.4 mm, tandis que le document du CNRS annonce, pour Topex-Poseidon :

"il fournit des estimations du niveau de la mer sous la trace du satellite à une précision instantanée (toutes les secondes) meilleure que 6 cm (écart-type) alors que le satellite vole à 1330 km d'altitude."

<https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/rechfran/4theme/roledelocean/satellitetopex.html>

L'idée, pour améliorer la précision, est de faire une moyenne de mesures (loi des grands nombres), mais ceci n'est valable que si les erreurs sont indépendantes et il n'y a rien qui permette d'assurer que c'est le cas ici. En particulier, tout mouvement propre des balises de référence affectera toutes les mesures des satellites.