



L'élévation du niveau des mers

Document de synthèse

rédigé par la

Société de Calcul Mathématique SA

mai 2012

Avertissement

Le présent travail est fait à partir de données publiques, provenant de divers organismes (en particulier ceux qui sont cités dans les pages qui suivent). La SCM n'a aucune responsabilité en ce qui concerne ces données, qui peuvent être incomplètes ou erronées. En revanche, les conclusions qui sont tirées, les analyses qui sont faites, sont entièrement de la responsabilité de la SCM.

Merci de bien vouloir envoyer tout commentaire à : scm.sa@orange.fr

Résumé Opérationnel

La plupart des gens ont une vision très simple du globe terrestre : une sorte de boule de céramique indéformable, avec des cuvettes pleines d'eau : ce sont les océans. Si le niveau de l'eau monte, c'est que quelque chose ne va pas ; comme elle ne peut venir de l'extérieur, c'est que celle qui est là "gonfle", ou que la glace fond, sous l'effet d'un réchauffement. Attribuer ce réchauffement aux activités humaines est un pas supplémentaire, très vite franchi.

Mais cette vision est en réalité complètement erronée. Le globe terrestre n'est pas en céramique, et ce n'est pas un solide indéformable ; le fait est qu'il se déforme constamment. De tous temps, aussi loin que nos mesures puissent y accéder, le niveau des océans s'est élevé ; il s'élève moins maintenant qu'il y a 20 000 ans. L'explication la plus simple à cette élévation tient à la loi de la gravitation universelle, et plus précisément à la poussée d'Archimède : les zones pesantes (les terres) s'enfoncent au détriment des zones légères (les océans).

Les faits ne montrent rien d'inquiétant. Les marégraphes installés sur la côte de Bretagne depuis 200 ans montrent une élévation moyenne de 1 mm par an, sans que l'on sache si c'est la mer qui monte ou la terre qui s'enfonce. Il n'y a pas d'accélération de cette élévation. Depuis 20 ans, des satellites observent le niveau moyen des océans ; ils enregistrent une élévation moyenne de 3 mm par an, sans accélération récente, et sans uniformité : des zones s'élèvent, des zones s'enfoncent. Des marégraphes ont été installés sur des îles du Pacifique, que l'on disait menacées, mais ils ne décèlent rien.

Tout le tapage médiatique fait autour de l'élévation du niveau des océans ne résulte que de modèles ; il n'y a absolument rien dans les faits qui vienne l'étayer : rien qui indique que cette élévation soit plus forte que celle que le globe a toujours connue et rien qui permette de l'attribuer à l'homme. Il y a en revanche une évidente malhonnêteté de la part de la communauté scientifique, qui fabrique autant de modèles que nécessaire, et de la part des journaux, qui ne font circuler que l'information inquiétante.

Notre conclusion est très claire : il n'y a rien, dans le phénomène de l'élévation du niveau des mers, qui puisse justifier l'intérêt, si peu que ce soit, d'une compagnie d'assurance ou de quelque composante que ce soit de la société civile. C'est un sujet tout à fait passionnant pour les géophysiciens, rien de plus. Pour prendre une comparaison très explicite, savoir que l'Ile de Pâques se déplace de quelques mm par an est tout à fait intéressant scientifiquement, mais cela ne concerne ni les compagnies d'aviation ni les agences de tourisme.

I. Introduction

L'homme s'intéresse tout naturellement au niveau de la mer et constate depuis longtemps qu'il semble s'élever, mais pas partout et pas uniformément. Plus précisément, le niveau de la mer, qui s'est élevé de 120 m en 18 000 années (source IFREMER), soit 6,6 mm par an, ne s'élève plus que de 1,2 mm par an (SHOM), depuis l'an 1800 ; il n'y a aucune accélération récente, voir [Christy-Spencer].

Tous ces chiffres sont à prendre avec précaution, car les informations que nous avons sur le niveau des mers il y a 18 000 ans sont sujettes à caution. Ils ne concernent qu'un petit nombre d'observations côtières. On ne sait pas dire si le volume de l'Océan Pacifique était plus ou moins important qu'aujourd'hui, et on ne sait pas dire, aujourd'hui, comment il évolue (voir plus bas à propos de ce paradoxe).

Les instruments utilisés sont de deux sortes :

- Des marégraphes, qui existent depuis 200 ans ;
- 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).

Le niveau de l'eau varie naturellement :

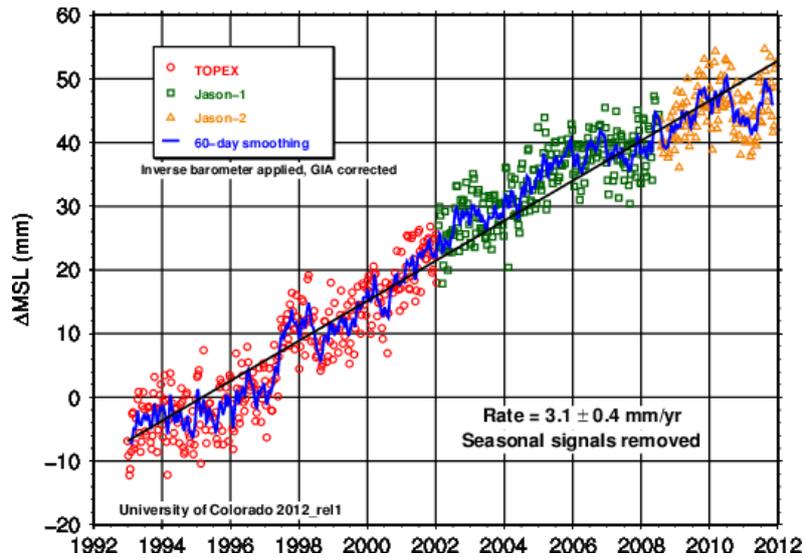
- Du fait des marées (attraction de la lune) ;
- Du fait du vent et des tempêtes ;
- Du fait de courants marins.

Dans ces conditions, les estimations faites par les marégraphes et les satellites ne peuvent être que des valeurs moyennes, si possibles annuelles ou pluri-annuelles, car certains phénomènes (tel "El Nino") modifient le niveau de la mer pendant une année ou davantage.

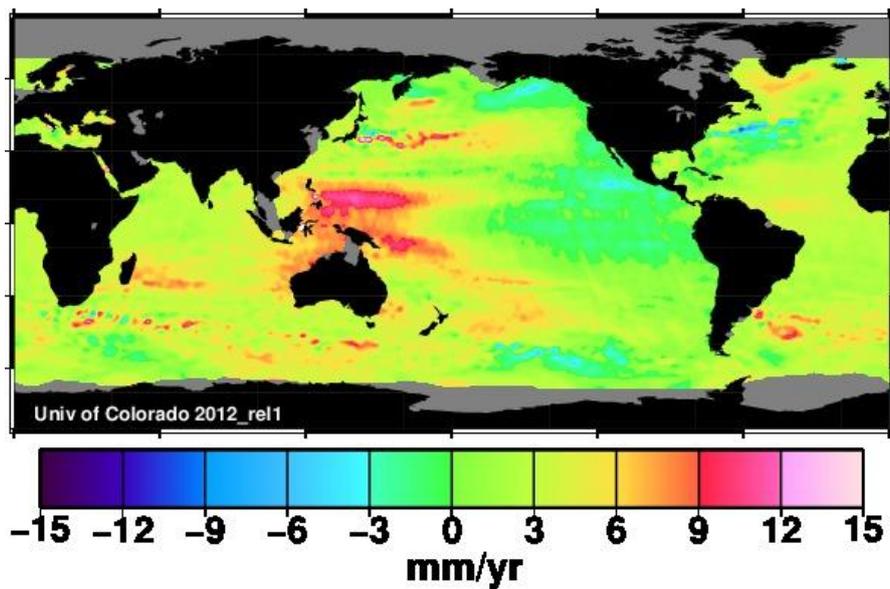
II. Les mesures

Tous les moyens de mesure montrent une élévation du niveau de la mer ; elle est évaluée à 1 mm par an pour les marégraphes, et à 3 mm par an pour les satellites. Les cartes montrent clairement que cette élévation n'est pas uniforme et qu'elle ne s'accélère pas.

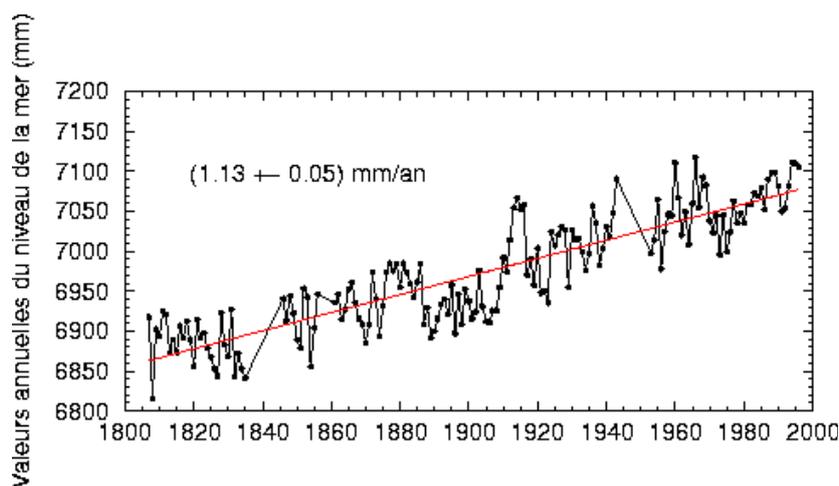
Le lecteur devrait avoir bien présente à l'esprit cette difficulté : on cherche à mesurer des variations annuelles d'un ou deux mm, pour un phénomène qui varie journallement de plusieurs dizaines de cm.



Voici le graphique général fourni par l'Université du Colorado (<http://sealevel.colorado.edu/>). Des graphes analogues sont disponibles pour chaque océan séparément.



Sur la carte ci-dessus (<http://sealevel.colorado.edu/content/map-sea-level-trends>), les régions sont coloriées différemment selon que le niveau des océans monte ou baisse (en rouge : monte ; en bleu : baisse).



Voici les relevés du marégraphe de Brest, sur 200 ans (source SHOM, exposé Yves Desnoës). Il est très intéressant de noter des pics (dix ou vingt ans) et des creux (jusqu'à cinquante ans) ; voir en Annexe des précisions complémentaires.

Mais une mesure n'est pas un fait, car :

- Les mesures peuvent être entachées d'erreur ;
- Elles peuvent ne pas couvrir complètement le phénomène, mais seulement certains aspects ou certaines zones.

Le désaccord entre marégraphes et satellites peut tenir au fait que les marégraphes ne voient pas toutes les mers du globe, mais les satellites sont tributaires des erreurs de positionnement de leurs balises au sol (leurs mesures ne sont pas indépendantes, contrairement à ce que croient les opérateurs).

Pour les satellites, la durée des observations est beaucoup trop courte pour que l'on puisse en déduire une tendance : il faudra des centaines d'années, compte-tenu de la variabilité des phénomènes;

III. 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", que rien ne vient étayer (voir notre Note au SGDN [BB1], réactualisée en 2006), mais dont l'homme s'attribue volontiers la responsabilité.

Passons en revue ces explications :

A. 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.

B. 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, Poussée 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) pourrait 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 bêtement à multiplier une surface par une hauteur moyenne présumée).

En outre, un phénomène qui affecte le niveau de la mer est le courant chaud "El Nino":

C. 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 6000 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)

<http://www.ifremer.fr/lpo/cours/elnino/index.html>

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

Les faits suivant sont bien établis :

- La Terre a connu une ère glaciaire il y a environ 20 000 ans (et, semble-t-il, beaucoup d'autres auparavant). Elle connaît depuis un lent réchauffement, sans que l'homme y soit pour quoi que ce soit. 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.

- 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" (Lettre de la SCM no 24) :

"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 ! (Lettre de la SCM no 50).

De manière générale, il y a de considérables variations climatiques locales, en l'espace de quelques centaines d'années. On cultivait la vigne aux alentours de Stockholm il y a deux mille ans et, lorsqu'il a été découvert (vers l'an 1000), le Groenland était vert. Voir [Garnier] pour une étude détaillée des 500 dernières années.

- 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.

IV. La Terre n'est pas un solide indéformable

A. Déformations du globe terrestre

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 totalement 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. Voir [Métivier].
- 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.

B. La gravitation universelle

La vision que s'en font les gens est simple : plus un corps est lourd, et plus il s'enfonce. Cette vision est erronée : la gravitation représente l'attraction de DEUX masses entre elles. Si l'une d'elles diminue, l'effet sur l'autre se fera sentir.

Prenons un exemple pour illustrer ceci : supposons une montagne sous-marine, située à 3 000 ou 4 000 m au dessous de la surface. La plupart des gens vont dire que le niveau de l'eau au dessus de la montagne est le même que partout ailleurs : plan, ou plutôt sphérique. Mais c'est faux : par sa masse, la montagne crée une "anomalie gravitationnelle" ; il y a une "bosse", que l'on sait déceler avec des appareils suffisamment sensibles. Ce fait, scientifiquement bien établi, n'est absolument pas compris du grand public.

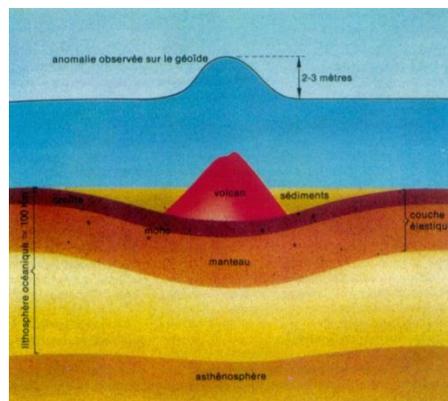
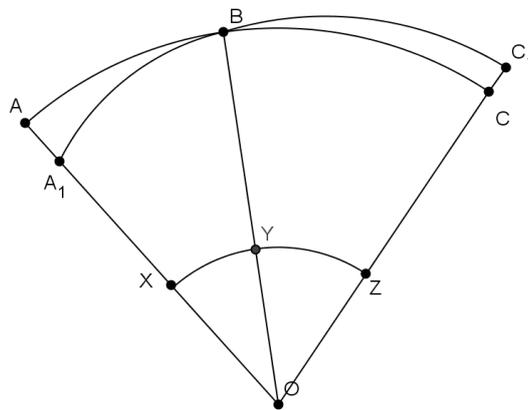


Illustration extraite de la conférence faite par Yves Desnoës (ancien directeur général du SHOM), séminaire de la SCM, 2005. Voir [Desnoës]. Dans cette illustration, la "bosse d'eau" fait deux à trois mètres de hauteur.

C. La poussée d'Archimède

Le phénomène de gravitation permet pourtant de bien comprendre l'élévation du niveau de la mer, qui résulte simplement de la poussée d'Archimède. Là où les masses sont importantes (les terres), le niveau s'enfoncera et là où les masses sont plus faibles (les mers), le niveau s'élèvera.

Voici la figure originale d'Archimède, dans son traité "Des corps flottants" [Archimède]. Nous avons un arc de cercle ABC , qui est le niveau moyen de la terre. Sur la portion AB , nous avons un océan, et le niveau réel est A_1B et sur la portion BC nous avons des montagnes et le niveau réel est BC_1 . Si l'ensemble est constitué d'un fluide (en l'occurrence, nous dirions "visqueux"), la portion BC_1 aura tendance à s'enfoncer et la portion A_1B à s'élever ; Archimède le démontre en considérant un arc interne XYZ : à l'équilibre, les pressions sur les deux arcs XY et YZ doivent être les mêmes.



Le retour à l'équilibre se fera donc par enfoncement de la portion BC_1 et élévation de la portion A_1B .

D. Variations de température interne du globe

La variation de température au sein du globe terrestre est un mystère (nous parlons ici de l'intérieur, non de l'atmosphère). Le bon sens élémentaire voudrait que, en 5 milliards d'années, il ait eu tout son temps pour refroidir. Certes, la croûte terrestre est un bon isolant ; il devrait être possible de faire des calculs sur le temps de refroidissement nécessaire, en faisant des hypothèses de température et de conductibilité thermique, mais nous n'avons pas vu trace de ce type de calculs. Certains auteurs supposent aussi que le noyau est le siège de réactions nucléaires, qui viendraient aider au maintien de la température centrale. Que ces réactions existent n'est pas douteux, mais on ne sait pas évaluer leur influence quantitative.

Si le globe terrestre a tendance à se refroidir, en se refroidissant il se contracte, et cette contraction affectera davantage les régions lourdes que les régions légères ; cela accentue le phénomène précédent.

Beaucoup d'auteurs mentionnent aussi un "rebond post-glaciaire" : du fait du réchauffement consécutif à la période glaciaire, des glaces ont fondu et le niveau de la mer a mon-

té. Les glaces ayant fondu, leur pression sur les roches a disparu, et celles-ci ont eu tendance à s'élever : c'est un phénomène d'élasticité. Celui-ci aurait affecté principalement les zones situées aux latitudes nord.

Cette théorie repose presque entièrement sur des modèles, qui sont très discutables. A priori, la fonte des glaces doit concerner l'ensemble des zones qui sont passées d'une température inférieure à 0°C à une température supérieure. Une sphère a deux hémisphères, et on ne voit pas pourquoi un tel phénomène concernerait plutôt l'un des deux.

E. Une remarque méthodologique

Nous n'avons vu aucun modèle qui fasse "communiquer" l'intérieur du globe terrestre avec sa surface (hormis les poussières générées par les volcans). Certes, l'action du soleil est prépondérante, mais il est difficilement imaginable que le magma en fusion dont la Terre est constituée ne puisse avoir une influence sur la température de surface.

V. Méfiance !

Le sujet ayant acquis une dimension politique majeure, toutes sortes d'annonces sont faites, absolument par n'importe qui. Il faut donc se montrer particulièrement méfiant quant aux informations que l'on retient :

A. Les modèles

Il faut éliminer toute conclusion fondée sur quelque modèle que ce soit. La SCM étant spécialisée dans l'élaboration de modèles mathématiques, on voudra bien accepter notre compétence à les critiquer. Les modèles sont utiles pour essayer de faire le point sur les connaissances, mais ils ne devraient être utilisés comme support d'aide à la décision que lorsqu'ils sont validés. Or un modèle climatique requiert des milliers d'années pour sa validation.

B. Les mesures

Il faut être extrêmement circonspect quant aux conclusions que l'on en tire. Il peut y avoir des erreurs de mesure, mais la question principale n'est pas là : dans la plupart des cas, les mesures sont en nombre infiniment trop faible pour rendre compte du phénomène concerné ; voir notre note au SGDN [BB1] pour une explication détaillée. Prenons le cas du CO₂ : la concentration varie de 10% ou 20% sur quelques km et d'un jour à l'autre, et on ne dispose que de quelques centaines de mesures annuelles (voir [BB2]) ! De plus, les mesures sont beaucoup trop récentes (trente ans, quelquefois 200 dans le cas des marégraphes) pour rendre compte de phénomènes comme les glaciations.

C. La malhonnêteté

Le niveau de malhonnêteté s'élève beaucoup plus vite que celui de la mer ; elle a proprement envahi la littérature scientifique, où bon nombre d'auteurs s'efforcent de faire des modèles montrant quelque chose d'inquiétant ; la presse élimine tous les autres et colporte ceux-là à l'envi.

Voici un extrait de la Lettre de la SCM no 18, juin 2002 :

Fin mars, M. Jean François Minster, PDG de l'IFREMER est passé au "Journal de 20 h" de TF1. Il a parlé de la brisure d'un glacier dans l'Antarctique, annoncée comme un événement exceptionnel. Il a présenté ceci comme la preuve d'un réchauffement climatique mondial, et a évoqué une élévation "de plusieurs dizaines de cm" du niveau des mers. Ces informations, avec une telle présentation, sont fallacieuses :

- La rupture d'un glacier, dans l'Antarctique, à cette époque de l'année est une chose normale ;
- Il n'y a aucune raison de penser que, globalement, les glaciers de l'Antarctique soient en recul.

Il est amusant de constater que le site de l'IFREMER, en 2012, ne fait plus aucune allusion à l'élévation du niveau de la mer.

Les nouvelles alarmistes sont démenties par les faits :

Voici ce qu'on pouvait lire sous la plume de Pierre Barthélémy, dans un article du *Monde* (18 décembre 2005) titré "Bientôt des milliers de réfugiés chassés par l'océan"

"Le réchauffement climatique va entraîner une hausse du niveau de la mer de 5 mm par an au XXI^e siècle, soit trois fois plus qu'au siècle précédent. Les zones les plus menacées sont les îles du Pacifique, le Bangladesh et les grands deltas. Au mois d'août, la centaine d'habitants de Lateu, dans l'archipel de Vanuatu, en Océanie, sont entrés bien involontairement dans l'histoire. Leur village, situé au bord du Pacifique sur l'îlot de Tégua, est le premier au monde à avoir été déplacé en raison du réchauffement climatique et de la montée des océans. Les racines des cocotiers baignaient dans l'eau, les cyclones et les grandes marées s'enchaînaient à une cadence inouïe, la modeste barrière de corail de 1 mètre, dernière ligne de défense contre les flots, s'était érodée, les moustiques porteurs de diverses maladies prospéraient en raison des points d'eau stagnante... Il a donc fallu partir à quelques centaines de mètres à l'intérieur de l'île. Lateu fait aujourd'hui figure de symbole."

Mais le niveau des mers n'a pas connu d'augmentation significative dans cette région depuis 25 ans, comme le montrent les relevés des marégraphes installés dans ces îles et les observations réalisées par les satellites.

<http://climat-sceptique.over-blog.com/article-2373562.html>

Bien au contraire :

A NUMBER of Pacific islands previously thought to be losing ground to rising sea levels caused by climate change have actually grown larger, according to scientists. A study published in this week's *New Scientist* magazine has revealed that despite long-held fears that islands in the Pacific Ocean would be washed away in coming decades due to rising sea levels from global warming, the islands are actually responding to the threat by growing larger. The study of 27 islands by the University of Auckland and the South Pacific Applied Geoscience Commission in Fiji found that over the last 60 years only four of the islands had shrunk, with the others either remaining stable or growing.

<http://m.dailytelegraph.com.au/travel/news/climate-change-increases-island-size-scientists-say/story-e6frezi0-1225874903902>

Références

[Archimède] Archimède : Oeuvres, Tome III
Des corps flottants. - Stomachion. - La Méthode. - Le livre des lemmes. - Le Problème des bœufs, Editions Les Belles Lettres, 2002.

[BB1] Bernard Beauzamy : Le réchauffement climatique : mystifications et falsifications. Note au Secrétariat Général de la Défense Nationale, février 2006.
http://scmsa.eu/archives/BB_2006_rechauffement.pdf

[BB2] Bernard Beauzamy : La dixième croisade : le CO2.
http://scmsa.eu/archives/BB_2008_CO2_et_croisades.pdf

[Christy-Spencer] Dr. John Christy & Dr. Roy Spencer, *Global temperature report, 1978-2003*. http://www.scmsa.com/articles/global_report.pdf

[Desnoës] IGA Yves Desnoës, ancien directeur du SHOM : conférence faite lors du colloque organisé par la SCM, 2005.

[Garnier] Emmanuel Garnier : Les dérangements du temps, 500 ans de chaud et de froid en Europe, Plon 2010.

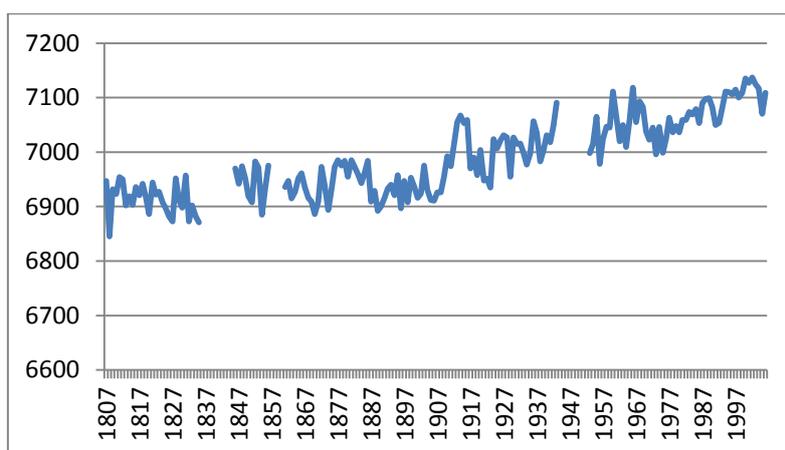
[Métivier] Laurent Métivier (laboratoire Lareg de l'IGN) Les marées terrestres, la dynamique du manteau et la sismicité. *Géomatique Expert* - N° 67 - Février-Mars 2009
http://www.geomag.fr/rev/pdf/67_95.pdf

Annexe

Le niveau de la mer à Brest

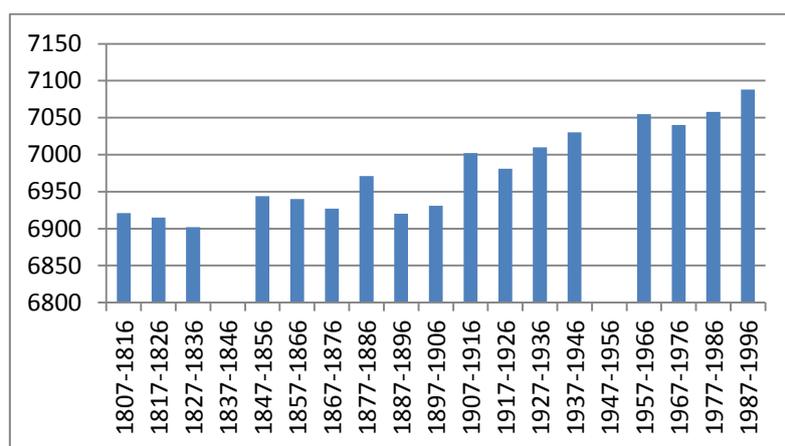
Cette question n'a pas d'intérêt pour l'étude du niveau moyen des océans (ce qui nous occupe ici), mais elle en a pour montrer l'extrême variabilité, même sur de longues périodes, et les difficultés de mesure.

Voici les données annuelles depuis 1807 (source SHOM, communiquées par Yves Desnoës) :

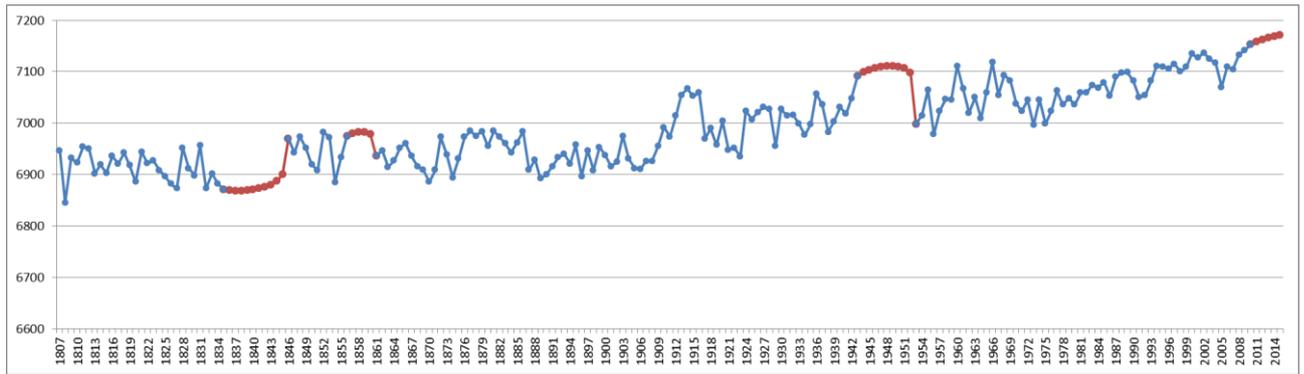


La très grande variabilité de la moyenne annuelle, d'une année sur l'autre, est vraisemblablement liée à la variabilité du climat. Lorsque la pression atmosphérique baisse, le niveau de la mer s'élève (la pression de la colonne d'air est plus faible).

Voici les moyennes sur des périodes de dix années consécutives :



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.



Le niveau de la mer à Brest

Reconstruction des données manquantes et prévisions pour 2011 et au-delà, par Olga Zeydina, SCM SA, par la technique de l'Hypersurface Probabiliste (EPH).

Voir http://www.scmsa.eu/RMM/Olga_Zeydina_these.pdf

Ci-dessous : la loi de probabilité de l'accroissement 2010-2011 :

