

Résumé Le programme NIVMER/ROSAME est un programme de recherche faisant usage des observations de niveau de la mer, dans l'océan Austral. Il s'appuie sur un réseau de stations marégraphiques et fait partie du réseau mondial de surveillance du niveau de la mer GLOSS. Il a pour objectifs principaux la validation des mesures altimétriques satellitaires et l'étude des variations séculaires du niveau de la mer. Lors des dernières missions et dans le cadre de l'Année Polaire Internationale, l'accent a été mis sur la recherche de données historiques du niveau de la mer. Des missions ont été effectuées, l'une à l'île Saint-Paul et l'autre en Terre Adélie, le long de la côte antarctique, avec l'objectif de retrouver les traces des niveaux moyens observés lors du passage de Vénus devant le Soleil en 1874 (pour l'île Saint-Paul) et lors de l'expédition de l'explorateur australien Douglas Mawson en Terre Adélie en 1912. Les informations concernant le réseau ainsi que les données des marégraphes sont accessibles sur le site web du réseau ROSAME : <http://www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/>

Abstract The programme NIVMER/ROSAME is a research programmes using sea level observations, in the Southern Ocean. This programme, part of the GLOSS tide gauge network, is related to satellite altimetry validation and secular mean sea level trends. During the last missions and in the frame of the International Polar Year, we gave a special focus on historical sea level data. Indeed, historical data and benchmark dated from 1874 and 1912, respectively at Saint-Paul Island and Commonwealth bay (Antarctica) have been recovered and studied. Information and data can be access on the ROSAME web page: www.legos.obs-mip.fr/en/observations/rosame/



NIVMER : Le suivi du niveau des mers dans l'océan Austral

TESTUT Laurent, TECHINE Philippe
- LEGOS CNES/CNRS/IRD/UPS,
14 Av. Edouard Belin
31400 Toulouse
- email: laurent.testut@legos.obs-mip.fr

CALZAS Michel, GUILLOT Antoine, FICHEN Lionel
- INSU Division Technique,
Bat. Institut Polaire, BP74,
29280 Plouzané

Depuis plus d'un siècle, nous observons une élévation du niveau moyen des océans de l'ordre de 1 à 2 mm/an en moyenne. Cette vitesse a été plus rapide lors des 10 dernières années avec une élévation de l'ordre de 3 mm/an. Celle-ci est causée par plusieurs facteurs : la dilatation thermique de l'eau de mer - augmentation du volume de l'eau sous l'effet de l'augmentation de la température -, le déclin des glaciers de montagne et de la couverture neigeuse observé dans les deux hémisphères, la fonte d'une partie des calottes polaires de l'Antarctique et du Groenland (amincissement, réduction ou perte de plateformes glaciaires...). En relation avec le réchauffement attendu de notre planète, un scénario «raisonnable» conduit à prédire une élévation moyenne du niveau des océans de l'ordre de 50 cm en 2100. Ce qui pourrait provoquer des changements considérables pour l'humanité. On comprendra donc l'importance de disposer d'enregistrements continus, précis et indépendants du niveau des mers en plusieurs points du globe. (Figure 1)

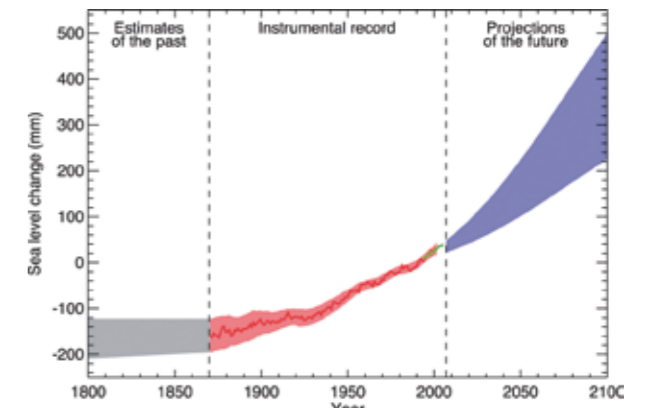


Figure 1. Série temporelle d'évolution du niveau moyen de la mer. La courbe rouge est issue des enregistrements marégraphiques. L'enveloppe bleue est la projection de l'élévation à l'horizon 2100 faite par les modèles climatiques à l'aide des différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre. ©Source IPCC report 2007. Time serie of global mean sea level. The red curve is from tide gauge observations and the blue shade is the 2100 sea level projection.

Le réseau d'observation ROSAME¹

Historique du réseau

Ce programme a débuté en 1986, à l'initiative du Laboratoire d'Océanographie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Avec l'aide de la Division Technique de l'INSU² et le soutien logistique et financier des TAAF³, ce programme s'est poursuivi pendant quatre ans et a visé à maintenir deux stations marégraphiques mouillées l'une au nord de Kerguelen et l'autre au sud de l'île d'Amsterdam. Après une année d'interruption en 1990, ce programme a été repris par Christian Le Provost, alors directeur du Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels de Grenoble, dans le cadre du premier grand programme océanographique international : WOCE⁴. L'objectif a alors été d'installer 4 stations marégraphiques côtières, à Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Dumont d'Urville au cours respectivement des années 1993, 1994, 1995 et 1997. Le niveau technologique de ces stations répond aux normes de qualité définies lors du programme WOCE, avec en particulier une transmission des données en temps réel afin de contribuer à la validation des mesures altimétriques satellitaires. Ces stations constituent désormais le réseau ROSAME. Ce réseau a été labellisé par l'INSU en 1997 en tant que Service d'Observation et comme Observatoire de Recherche en Environnement par le ministère de la Recherche en 2002. Aujourd'hui, c'est avec le soutien logistique et financier de l'IPEV, le soutien technique de la Division Technique de l'INSU et des crédits de l'INSU que ce programme continue à fonctionner. Ce réseau est une contribution française au réseau international GLOSS⁵ d'observation de l'évolution à long terme du niveau de la mer. (Figure 2)

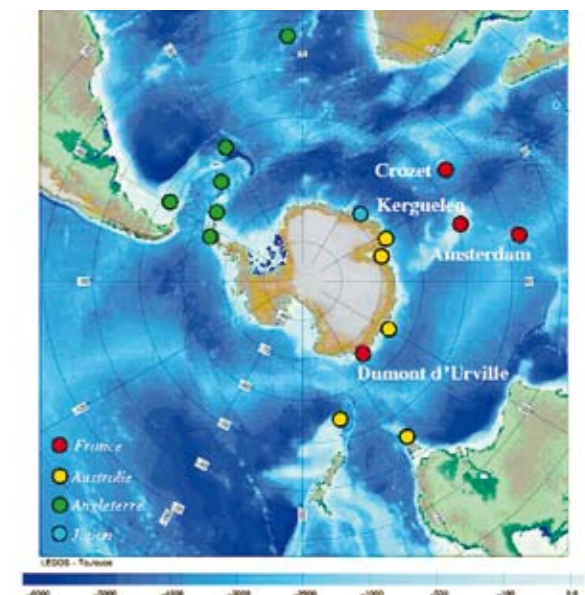


Figure 2. Localisation des principales stations marégraphiques dans l'océan Austral (vert : stations anglaises ; rouge : stations françaises ; jaune : stations australiennes ; bleu : station japonaise). Location of principal tide gauge stations in the southern ocean.

Figure 7 (photo page de gauche). Installation du marégraphe de fond de Commonwealth Bay. Tide gauge installation at Commonwealth Bay.

...❖ **Exploitation scientifique et distribution des données. Les principaux objectifs associés à ce réseau d'observation sont :**

L'étude des marées océaniques et de phénomènes hautes fréquences.

L'étude intensive des marées océaniques est, dans le contexte des études climatiques actuelles, motivée par l'intérêt porté à l'utilisation de l'altimétrie satellitaire comme outil privilégié d'observation de la circulation océanique. Une meilleure connaissance de la contribution de la marée au signal vue par les satellites est nécessaire, pour pouvoir l'éliminer et avoir accès au signal océanique hors marée. C'est pourquoi nous avons développé récemment un modèle régional de marée océanique dans la région des Kerguelen.

La validation des observations satellitaires.

L'altimétrie satellitaire est une technique d'observation de l'océan dont l'importance est désormais clairement établie. En accompagnement de ces mesures altimétriques, la mesure *in situ* du niveau des mers à l'aide des marégraphes est indispensable pour contribuer à la validation des mesures altimétriques et apporter un moyen de relier entre eux des jeux de données altimétriques venant de satellites différents, à des périodes successives.

L'observation des variations séculaires du niveau de la mer.

Afin de permettre de détecter l'évolution séculaire du niveau de la mer, et une éventuelle accélération de sa montée, il est nécessaire de pouvoir s'affranchir des variabilités saisonnières et inter-annuelles par l'enregistrement de séries temporelles longues (→ 20 ans). Il est aussi nécessaire de surveiller la stabilité de la croûte terrestre dans les zones où les stations sont installées, et de mesurer leurs éventuels mouvements verticaux, d'où la nécessité de mettre en place un suivi géodésique permanent des références locales de ces stations, par GPS notamment. Grâce à ce travail sur le terrain, les données récentes de Kerguelen (1993-2005) ont pu être rattachées aux données historiques du SHOM⁶ et nous ont permis de déterminer l'évolution du niveau de la mer sur le dernier demi-siècle précédent : la hausse observée du niveau marin est de l'ordre de 1.1 +/- 0.7 mm/an. Ce résultat se situe dans la partie basse des estimations globales et il est en accord avec les autres observations de l'océan Austral sur une période à peu près équivalente : Port Arthur (Tasmanie) et Port Stanley (îles Falkland). (Figure 3)

Sur chaque site, la station marégraphique acquiert automatiquement des mesures horaires de pression de fond, température et conductivité de l'eau ainsi que de pression atmosphérique. Ces données sont ensuite transmises par satellites en temps quasi-réel et déclenchent une chaîne de traitement automatique qui permet le traitement et la visualisation sur une page web : <http://www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/>.

Après traitement et validation, les données du réseau ROSAME sont transmises aux banques de données mondiales du réseau GLOSS et sont accessibles sur notre site internet. A noter que la station de Kerguelen fait de plus partie du réseau d'alerte au tsunami en cours de mise en place par la France dans l'océan Indien et coordonné par la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO.

...❖ **Les campagnes NIVMER :**

Chaque année, des campagnes de maintenance du réseau sont organisées. En fonction des besoins nous effectuons lors de ces campagnes des travaux ponctuels de nivellement, de mise à niveau du matériel et d'étalonnage des différents capteurs. Au cours de l'Année polaire internationale, l'accent a été mis sur la recherche de données historiques du niveau de la mer. Pour cela, deux missions ont eu lieu dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises : l'une à l'île Saint-Paul et l'autre en Terre Adélie, le long de la côte antarctique. Elles visaient à retrouver les traces de niveaux moyens observés lors du passage de Vénus devant le Soleil en 1874 (pour l'île Saint-Paul) et lors de l'expédition de l'explorateur australien Douglas Mawson en Terre Adélie en 1912. Les résultats obtenus permettront de combler en partie les lacunes relatives à l'estimation de l'élévation passée du niveau de la mer dans cette partie du globe.

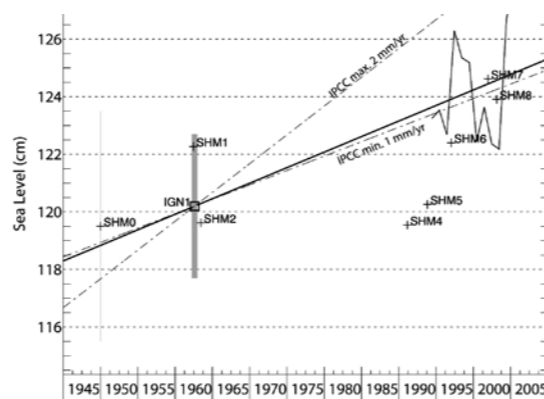


Figure 3. Variation relative du niveau de la mer à Port-aux-Français (Kerguelen) depuis 1949. Sea level change at Kerguelen since 1949.



Figure 4. Photo de l'observatoire astronomique installé à l'île Saint-Paul par l'expédition d'E. Mouchez en 1874. © IMCCE Observatory of Saint-Paul Island for the "Venus Transit" of 1874.

Le passage de Vénus à l'île Saint-Paul (1874)

A partir du XVIII^{ème} siècle, les astronomes se servaient des transits (passage d'une planète devant le Soleil) de Mercure et de Vénus pour obtenir des informations sur la distance entre le Soleil et la Terre, appelée Unité Astronomique. En chronométrant de divers lieux sur Terre les moments précis où la planète entre et sort du disque solaire, il devint possible, au moyen de la parallaxe, de déterminer cette distance. Les astronomes pouvaient ensuite employer la valeur de l'Unité Astronomique comme référence pour définir la distance d'autres objets du système solaire. Le passage de Vénus devant le Soleil est très spectaculaire en raison de sa rareté. En effet, il survient quatre fois par période de 243 ans. Au XIX^{ème} siècle, dans un esprit de coopération et d'émulation internationale, on se mit à préparer activement l'observation du transit de Vénus du 8/9 décembre 1874. On estime qu'il y eût pas moins de 62 missions d'observations de transit cette année-là à travers le globe. En France, l'Académie des Sciences organisa des missions d'observations en Chine, au Japon, en Nouvelle Calédonie, en Nouvelle Zélande et à l'île Saint-Paul. C'est lors de l'expédition à l'île Saint-Paul, sous les ordres de l'Amiral Ernest Mouchez, que furent très probablement effectuées les premières mesures de marées et de niveau moyen dans cette région de l'océan. Avant le retour de l'expédition, une marque indiquant le niveau de la mer de l'époque a été gravé sur un rocher à l'intérieur du cratère. (Figure 4)

Grâce à des recherches historiques, nous avons pu dater cette marque et retrouver les données brutes ayant servi à établir le niveau moyen. Lors des deux dernières missions NIVMER à Saint-Paul qui avaient pour objectif l'installation d'une nouvelle station marégraphique, nous avons pu effectuer le rattachement entre la marque historique et le niveau moyen actuel. (Figure 5)

L'expédition de l'explorateur australien Douglas Mawson (1912)

Les expéditions polaires antarctiques australiennes dirigées par Sir Douglas Mawson ont exploré la côte Est de l'Antarctique au cours des années 1911-1914. A partir de 1912 ils ont installé leur quartier d'hiver - la désormais fameuse « Mawson Hut » - à Cap Denison dans la baie de Commonwealth. Durant cette période, les membres de l'expédition ont opéré un marégraphe mécanique à flotteur installé sur la glace au centre de la baie pendant 98 jours en 1912 (Figure 6). Un niveau moyen a pu être tiré de ces observations et, par nivellement, il a pu être référencé par rapport à une marque inscrite sur un rocher à proximité de la « Mawson Hut ». Cette marque connue de nos collègues australiens est un vestige important du niveau de la mer d'il y a presque un siècle. Dans le cadre de la dernière mission NIVMER en janvier 2008 et en collaboration avec les australiens, nous avons décidé d'installer à nouveau un marégraphe et de réaliser des travaux de nivellement (à l'aide entre autre d'une bouée GPS) sur le site historique de « Commonwealth Bay », en vue d'obtenir un niveau moyen de la mer actuel (Figure 7). La récupération prochaine des données du marégraphe devrait permettre d'estimer la tendance du niveau de la mer sur le dernier siècle en Antarctique de l'Est.

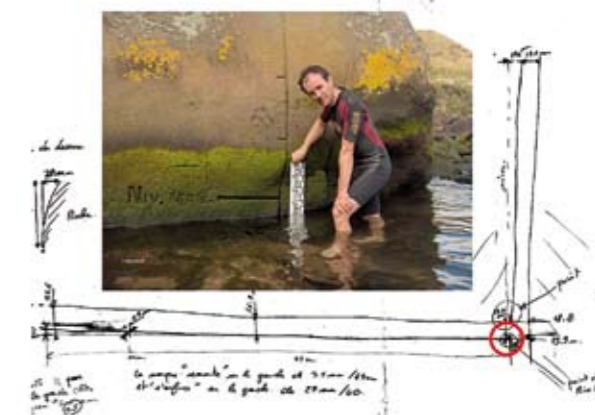


Figure 5. Nivellement par A. Guillot (DT/INSU) de la marque historique de niveau de la mer à Saint-Paul lors de la dernière mission NIVMER. © Photo et schéma S. Loyer (CLS). Levelling of the historical benchmark at Saint-Paul Island.



Figure 6. Le marégraphe de Commonwealth Bay en 1912. ©AAD The Commonwealth bay tide gauge in 1912.

1. ROSAME : Réseau d'Observation Subantarctique et Antarctique du niveau de la Mer - www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/
2. INSU : Institut National des Sciences de l'Univers - www.insu.cnrs.fr/
3. TAAF : Terres Australes et Antarctiques Françaises - www.tAAF.fr
4. WOCE : World Ocean Circulation Experiment - <http://www.noc.soton.ac.uk/OTHERS/woceipo/ipo.html>
5. GLOSS : Global Sea Level Observing System - www.gloss-sealevel.org/
6. SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

REMERCIEMENTS,

Le programme ne pourrait fonctionner sans le soutien financier de l'INSU et le soutien financier et logistique continu de l'IPEV. Nous tenons à remercier l'ensemble des personnels de l'IPEV, les VCATs et les équipages du Marion Dufresne et de l'Astrolabe qui depuis bientôt 15 ans permettent sur le terrain à ce réseau d'exister. Les dernières missions NIVMER ont été riches et très chargées avec notamment la réinstallation des stations de Saint-Paul et Dumont d'Urville. Un merci particulier à H. Pérau, R. Bellec, N. Le Viavant, A. Pierre, P. Godon, D. Fleury, E. Amice, L. Chauvaud, B. Poinard. Merci aussi à nos collègues australiens pour leur aide lors de la mission à Commonwealth Bay.