

3.2.5 Niveau des mers, Rattachements géodésiques et Marégraphie

1. Introduction

L'élévation récente du niveau marin est estimée à quelque 20 cm sur le dernier siècle. Cette valeur est publiée par le panel intergouvernemental sur le changement climatique, l'IPCC, en 2001. C'est la meilleure estimation disponible aujourd'hui d'après la synthèse des travaux réalisés à ce jour sur la question. Ces travaux s'appuient sur des observations du niveau marin qui remontent parfois au 19^{ème} siècle. Mais les séries couvrant deux siècles sont vraiment exceptionnelles. La plupart n'ont que quelques dizaines d'années, et à peine une centaine ne dépasse le siècle. En France, seules les séries de Brest et de Marseille sont recensées dans cette catégorie. Celle de Brest remonte à 1807, celle de Marseille à 1885. Pourtant, les travaux menés en 2004 par l'équipe GRGS/SHOM avec le soutien du laboratoire CLDG de l'université de La Rochelle montrent qu'une richesse inestimable dort dans les diverses archives historiques de France. Le compte rendu d'activités de cette année, sous sa forme courte, est décomposé en deux parties. La première partie donne un aperçu des trésors « archéologiques » et souligne l'intérêt d'entreprendre une action de *sauvetage* et de valorisation d'un patrimoine historique à fort potentiel scientifique pour la compréhension des variations climatiques récentes du niveau marin le long des côtes françaises. La deuxième partie passe en revue les autres activités conduites dans le cadre de ce thème.

2. Observations historiques du niveau de la mer

Nos recherches montrent que la France est sans doute l'un des pays les plus riches en observations du niveau marin. Ce sont les astronomes Philippe de La Hire et Jean Picard qui, en 1679, réalisèrent les premières mesures systématiques de cette grandeur dans la rade de Brest, pendant une dizaine de jours. L'expérience sera renouvelée quelques années plus tard, en 1692, pendant plusieurs mois. Dès lors, les mesures et les observatoires vont se multiplier le long des côtes de France sous l'impulsion de l'académie royale des sciences. L'invention du *marégraphe* par l'ingénieur hydrographe français Chazallon, en 1842, contribuera notablement à augmenter le nombre de mesures du niveau de la mer.

La première difficulté dans la recherche de données historiques est qu'il n'existe malheureusement pas d'inventaires dans les différents centres que nous avons explorés : bibliothèques, archives nationales, archives départementales, archives de la Marine à Rochefort, à Toulon, à Brest et à Paris. Un des premiers travaux que nous avons démarré en 2004 est donc d'en constituer un. Le travail semble colossal *a priori*. Le tableau ci-après donne un premier aperçu synthétique de ce que nous avons recensé à ce jour aux archives de la Marine à Rochefort et à Brest sur les seules côtes de la Charente – Maritime. Il donne aussi d'ores et déjà une idée de l'importance de ce patrimoine.

Observatoire	Observations "inédites"
Ile d'Aix	1824
Cordouan	1812, 1813, 1905 - 1931
Fort Boyard	1873 - 1909
Fort Enet	1859 - 1873
Au brie Maumusson	1813
Passage de Marennes	1824
Rochefort	1835 - 1918
La Rochelle	1863 - 1874
Royan	1812 - 1813
Vergeroux	1824

Le travail d'inventaire n'est cependant pas simple car les documents ont changé de localisation au cours du temps. C'est ainsi que l'on constate des situations singulières où certaines mesures se trouvent à

Rochefort et leur description (méta-données) à Brest. Ensuite, le nombre d'ouvrages est impressionnant. L'enquête menée au SHOM révèle que les hydrographes français se seraient désintéressés de l'observation du niveau de la mer peu après la 1^{ère} guerre mondiale. Ils pensaient alors connaître la marée suffisamment bien pour les besoins de l'hydrographie. Ils cessèrent donc d'observer et de collecter les données des ports, mais ces derniers continuèrent parfois les mesures pour leurs besoins propres. Ces données se trouveraient dans des archives départementales, voire dans les ports eux-mêmes.

La série temporelle du niveau marin à Brest mérite une attention toute particulière. C'est en effet l'une des plus longues et des plus complètes disponible aujourd'hui dans le monde (cf. le PSMSL). Il n'est donc pas surprenant de la voir apparaître dans un très grand nombre de publications qui traitent de la question des changements climatiques et de l'évolution à long terme du niveau marin. En 2000, nous avons redécouvert à l'Observatoire de Paris des observations inédites effectuées à Brest entre 1778 et 1792. Plus récemment, nous avons retrouvé une série d'observations qui couvre la période 1756 à 1778. Ces deux séries complètent la série de 1711 à 1716 célèbre parce que l'illustre Pierre Simon de Laplace l'avait utilisé pour valider sa théorie dynamique de la marée en 1790. Devant l'importance de la série de Brest, le potentiel « archéologique », et l'intérêt scientifique de remonter davantage dans le temps les mesures du niveau marin, nous avons engagé une thèse de doctorat en 2004 (N. Pouvreau, CLDG). Les premiers résultats sont encourageants : les observations ont de toute évidence été effectuées avec soin et précision. Il s'agit toutefois d'observations particulières réalisées à l'échelle de marée : hauteurs de pleines et de basses mers pour lesquelles des outils d'analyse spécifiques doivent être développés. Les développements méthodologiques réalisés dans le cadre de cette thèse pourront ensuite être appliqués aux autres séries historiques que nous avons mentionnées dans l'inventaire. L'un des enjeux à Brest est certainement la connexion des données du 18^{ème} siècle à la série qui démarre en 1807. Plusieurs pistes sont explorées. L'une repose sur des observations réalisées en simultané au bassin de Tourville (mesures du 18^{ème} siècle) et à la Mâtire (depuis 1807). L'autre repose sur l'étude des archives historiques du bassin de Tourville : aménagements, constructions, opérations de levés, etc. Un autre enjeu de cette série est de discuter les résultats de Cartwright (1972) sur l'amortissement de l'onde de marée semi-diurne M_2 . Nos premières analyses remettent en effet en question ses résultats : l'amplitude de la composante semi-diurne qui a diminué pendant la première moitié du vingtième siècle, présente une augmentation depuis les années 1960, suggérant une variation périodique d'environ 150 ans. La physique à l'origine de cette onde demeure néanmoins encore mystérieuse.

3. Autres activités

3.1. Sites d'observation

Depuis janvier 2004, un marégraphe radar remplace le marégraphe acoustique à Brest. Trois nouveaux marégraphes radar ont été installés par le SHOM : à Saint Jean-de-Luz (mai 2004), Roscoff (juin 2004) et Nouméa (janvier 2005). Ce dernier marégraphe se trouve à 6 km de l'ancien. Dans un souci de continuité pour les applications scientifiques, le SHOM assurera avec le concours de l'IRD et de la DITTT une période commune d'observation entre les deux marégraphes radar et mécanique d'au moins un an. Cela porte à 23 le nombre de stations du réseau RONIM. Les données sont disponibles sur le serveur de SONEL.

3.2. Etalonnage des marégraphes

Le groupe d'experts GLOSS reconnaît que l'expérience acquise sur les capteurs radar est encore bien courte, et celle des marégraphes à ultrasons pas assez fouillée dans les aspects stabilité sur plusieurs années. Il convient donc de mener une politique rigoureuse d'étalonnages systématiques des marégraphes français sur le terrain. Il s'agit tout d'abord d'accumuler des observations qui permettront de réaliser des études particulières sur les défauts de chaque marégraphe, mais aussi qui permettront de mener à bien des études plus générales sur chaque type de marégraphe, de caractériser les erreurs systématiques, de comprendre leur origine et de surveiller leur évolution.

En 2004, les marégraphes suivants ont fait l'objet d'étalonnages : La Rochelle (juillet et octobre 2004), Marseille (juin 2004), Ajaccio (août 2004). Enfin, Kerguelen a fait l'objet d'un suivi particulier puisque des étalonnages mensuels ont été réalisés par des VAT. Les observations sont en cours d'exploitation. Soulignons que le marégraphe de Kerguelen est ainsi rattaché pour la première fois aux repères de marée,

une opération indispensable pour établir une série continue d'observations qui devra être renouvelée chaque fois que le capteur de pression sera relevé (avant et après).

3.3. **Rattachements géodésiques**

Seuls les marégraphes mentionnés dans la section précédente ont fait l'objet de rattachements locaux avec la station GPS qui se trouve à proximité. Le marégraphe radar de La Rochelle a été contrôlé deux fois. En effet, à l'occasion d'une visite pédagogique, nous avons remarqué que l'infrastructure qui sert de puits de tranquillisation avait probablement été percutée par un bateau. Nos soupçons ont été confirmés par opération de nivellement : le support du capteur radar s'était bien surélevé de quelque 2 cm entre juin et octobre 2004. L'enquête auprès des autorités locales n'a pas pu déterminer quand a eu lieu l'incident. Une analyse détaillée des observations entre juin et octobre permettra peut-être de déceler le saut qui correspondrait au choc...

4. **Conclusions**

Les événements extrêmes sont-ils plus fréquents aujourd'hui qu'au 19^{ème} siècle ? Le niveau moyen de la mer a-t-il sensiblement évolué ? de combien ? Autant de questions auxquelles les données historiques pourraient apporter des éléments de réponse, d'autant qu'elles n'ont jamais été analysées sous cet angle. Mais pour cela il faut mener une action ambitieuse d'inventaire, de numérisation et d'analyse qui dépasse largement le cadre d'une simple thèse de doctorat.

Malgré cet héritage et cette richesse en observations du niveau de la mer, la contribution française au dispositif mondial d'observation du niveau marin reste modeste et manque de structure de coordination nationale dans laquelle les différents acteurs institutionnels et académiques pourraient se retrouver et travailler de concert sur le sujet. Le colloque sur les Observatoires de Recherche en Environnement qui s'est tenu au Ministère de la Recherche en novembre 2004 laisse peu d'espoir. Les solutions devront de toute évidence être cherchées ailleurs.

5. **Participants au projet**

Bernard SIMON, responsable scientifique, EPSHOM
Ronan LE ROY, ingénieur, EPSHOM
Michel LEGOFF, ingénieur, EPSHOM
François LUCAS, technicien, EPSHOM
Guy WOPPELMANN, maître de conférences, CLDG
Pascal TIPHANEAU, technicien, CLDG
Nicolas POUVREAU, doctorant, CLDG
Laurent TESTUT, physicien adjoint, LEGOS
Philippe TECHINÉ, ingénieur, LEGOS

6. **Références bibliographiques**

- Bosch W., L. Fenoglio-Marc, G. Wöppelmann and G. Liebsch, 2004: « Coastal sea surface topography from altimetry, gravity and tide gauge data ». OST Meeting, St. Petersburg, Florida, USA, 4-6 november 2004.
- Testut L., C. Le Provost, P. Téchiné, M. Calzas et A. Guillot, 2004: « ROSAME – Réseau d'Observation Sub-antarctique et Antarctique du niveau de la Mer ». Actes de l'atelier *Expérimentation et Instrumentation* IFREMER, INSU, Météo-France, Paris, 23-24 mars 2004.
- Testut L. et G. Wöppelmann, 2004: « Proposition de création d'un ORE niveau de la mer ». Colloque *Observatoires de Recherche en Environnement – Etat des lieux et perspectives*, Paris, 15-16 novembre 2004.
- Testut L., P. Téchiné, M. Calzas and A. Guillot, 2004: « Perfecting of an automatic sea level gauge combining radar and pressure gauges ». Workshop on *Observing and Understanding Sea Level Variations*, Malta, 1-5 November 2004.
- Wöppelmann G., M-N. Bouin, Z. Altamimi, L. Daniel and S. McLellan, 2004: « Current GPS data analysis at CLDG for the IGS TIGA Pilot Project ». Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et

de Séismologie, Proceedings of the workshop : *The state of GPS vertical positioning precision : Separation of earth processes by space geodesy*, ed T. van Dam and O. Francis, v. 23, pp.149-154.

Wöppelmann G., Z. Altamimi and M-N. Bouin, 2004: « Reference frame implementation at ULR TIGA analysis centre ». IGS Symposium *10 Years IGS*, Berne, 1-5 March 2004

Wöppelmann G., 2004: « SONEL – Système d’Observation du Niveau des Eaux Littorales ». Actes de l’atelier *Expérimentation et Instrumentation* IFREMER, INSU, Paris, 23-24 mars 2004, 6 pp.

Wöppelmann G., 2004: « Marégraphie et mouvements verticaux ». Journée *thématique Galiléo et la Science*, 11 juin 2004, Salle de l’Espace, CNES, Paris.

Wöppelmann G., M-N. Bouin and Z. Altamimi, 2004: « Learning from TIGA global GPS analysis at ULR consortium ». Workshop on *Observing and Understanding Sea Level Variations*, Malta, 1-5 November 2004.

Wöppelmann G., M-N. Bouin and Z. Altamimi, 2004: « Enseignements des analyses globales conduites dans le cadre de l’IGS ». Colloque GDR G2, Le Mans, 17-19 novembre 2004.