

LES TRAVAUX DU SERVICE PERMANENT DU NIVEAU MOYEN DE LA MER

par J. R. ROSSITER

*Causerie donnée
à la 8^e Conférence Hydrographique Internationale, mai 1962*

J'imagine qu'une bonne partie de mon auditoire connaît déjà ou a été en correspondance avec le Service Permanent, et certains se sont peut-être demandé quelles sont exactement ses fonctions et comment il fonctionne. Pour comprendre la situation telle qu'elle existe à ce jour, il faut d'abord revenir 29 ans en arrière à la 5^e Assemblée Générale de l'Union internationale de Géodésie et de Géophysique tenue à Lisbonne en 1933.

C'est à cette époque, à la réunion de l'Association Internationale d'Océanographie Physique (AIOP) qu'on décida de former un Comité du Niveau Moyen; l'initiative en avait été prise par le fameux océanographe finlandais le Professeur R. WITTING dans un article qui établissait la nécessité d'une coopération internationale dans ce domaine. Les raisons invoquées pour une telle coopération sont encore valables aujourd'hui; voici ses propres termes :

« Pour l'étude des marées et des courants de marée, des autres mouvements de la surface de la mer et des courants de différentes origines, des observations continues du niveau de la mer sont la seule base ou la base la plus précieuse. Pour la solution d'un ensemble de problèmes géophysiques, les données concernant le niveau de la mer et ses variations sont extrêmement importantes. »

Le Bureau Hydrographique International accorda volontiers sa collaboration, et l'aide inappréciable qu'il nous a apportée depuis ce jour jusqu'à l'heure actuelle ne peut assez être soulignée.

A l'assemblée de l'AIOP en 1936 on décida que la collection des données sur le niveau moyen devait être aussi vaste que possible et ferait l'objet d'un volume spécial. Grâce à ses contacts avec les services hydrographiques, le Bureau Hydrographique International avait déjà commencé le rassemblement des données provenant du plus grand nombre possible de pays dans le monde, et il mit ces données à la disposition du Comité. Le premier volume paru fut la Publication Scientifique N° 5 en 1940, volume remarquable qui comprenait les valeurs moyennes mensuelles et annuelles du niveau de la mer jusqu'à l'année 1936 y comprise. Les premières archives que nous possédons d'une moyenne mensuelle du niveau de la mer

intéressent Swinemünde dans la Baltique pour l'année 1811. La plus grande partie des travaux de compilation est l'œuvre du Professeur PROUDMAN, du Tidal Institute, en tant que Secrétaire du Comité du Niveau Moyen. Il fut décidé que des volumes semblables seraient publiés à des intervalles de 5 ans, mais à cause de la guerre, les publications parurent en 1950 (N° 10), 1953 (N° 12) et 1958 (N° 19).

En 1951 il fut stipulé que les travaux du Comité comprendraient aussi la rédaction d'un rapport sur les variations séculaires du niveau moyen; ce rapport parut en 1954 sous le numéro 13 des Publications Scientifiques.

Le Dr CORKAN et le Dr DOODSON, tous deux du Tidal Institute, succédèrent à tour de rôle au Professeur PROUDMAN comme Secrétaires du Comité du Niveau Moyen. A ce moment-là, il était devenu évident que les travaux et les besoins financiers continueraient à augmenter et qu'il serait avantageux de transférer les fonctions du Comité à un Service Permanent du Conseil International des Unions Scientifiques. Par ce moyen, on espérait faire face à l'intérêt sans cesse croissant porté aux variations du niveau moyen d'une façon plus efficace du point de vue financier, et on espérait aussi que l'organisation acquerrait une certaine autorité internationale.

On révisa la constitution et les fonctions du Comité, et, en plus de nombreuses modifications apportées au système de rassemblement des données, on renforça la liaison existant entre le BHI, l'AIOP, et le Service Permanent. Quatre nouveaux principes furent adoptés :

1°) Le Service s'efforcerait d'obtenir une plus grande précision dans les données reçues pour la publication, surtout en ce qui concerne les nécessités de nivellements fréquents pour la vérification des zéros des marégraphes et des repères de marées; il s'efforcerait également d'encourager l'emploi de bonnes méthodes de calcul des moyennes mensuelles et annuelles.

2°) Le Service encouragerait l'installation permanente et l'entretien de nouveaux marégraphes dans les régions où la couverture actuelle est inadéquate, en particulier dans les îles océaniques.

3°) Le Service serait autorisé à faire exécuter la réduction des observations de marées dans les cas où les données resteraient inutilisées.

4°) Le Service entreprendrait des travaux de recherche.

Le Tidal Institute de l'Université de Liverpool, en raison de son association avec le Comité du Niveau Moyen fut chargé du fonctionnement du nouveau Service Permanent, et l'organisation actuelle commença à fonctionner en 1958. Ce fut une chance que son début ait coïncidé avec l'AGI, car le Service Permanent fut à même d'aplanir un tant soit peu quelques-unes des difficultés qui se présentèrent au sujet des nouvelles stations de marégraphes installées pendant l'AGI. En fait, presque toutes les données du niveau moyen de l'AGI qui furent observées ont été publiées par le Service Permanent en 1959 (N° 20) et actuellement nous sommes en train de publier les observations pour les années 1959 à 1961 inclusivement.

Le nombre moyen de stations envoyant leurs données au Service Permanent au cours de ces dernières années s'élève à environ 350. C'est une augmentation considérable par rapport au début, mais il est bien dommage que la distribution géographique de ces stations reste confinée en grande partie à l'hémisphère nord. Quelques-uns des problèmes géophysiques qui attendent encore une solution exigent la connaissance des variations eusta-

tiques du niveau de la mer qui ne peuvent être obtenues qu'avec un réseau de marégraphes recouvrant suffisamment les grands océans de l'hémisphère sud.

Le Service Permanent s'efforce d'améliorer cet état de choses en se faisant représenter auprès de la Commission Océanographique Intergouvernementale nouvellement créée, mais toute aide apportée par les Etats-membres du BHI serait grandement appréciée. En définitive, la responsabilité de l'installation et de l'entretien des marégraphes revient naturellement aux autorités nationales et locales, et pour les aider, le Service Permanent a publié une esquisse des conditions minimum nécessaires pour un bon entretien et un bon fonctionnement des marégraphes. Cet article a paru sous la forme de la Publication Spéciale 43 (1961) du BHI et met en relief les points essentiels qui, s'ils sont négligés, peuvent annihiler complètement tous les efforts et toutes les dépenses investies dans l'installation.

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, un article important a été ajouté aux fonctions primitivement prévues du Comité du Niveau Moyen : la recherche. Etant donné nos nombreuses autres occupations, notre recherche a été limitée, mais quelques travaux utiles ont été achevés ou sont en cours; nous en donnons ci-dessous une brève description :

a) La compilation et la publication d'un vaste catalogue comprenant toutes les données du niveau moyen publiées jusqu'ici par le Comité. Cet ouvrage a paru sous la forme du Monographe N° 23 de l'UGGI en 1961 et nous pensons qu'il sera un précieux ouvrage de référence pour ceux qui désirent connaître les données du niveau moyen existant en toute région et pour toute époque.

b) La compilation et la publication d'une Bibliographie du Niveau Moyen. Cet ouvrage est encore en cours de préparation, mais nous espérons qu'il sera imprimé vers la fin de cette année.

c) Les recherches sur les variations du niveau moyen. On peut dire que ces variations sont soit de nature périodique, soit de nature séculaire. Les données mensuelles du niveau moyen, si elles ont été préparées d'une façon précise, doivent avoir été débarrassées des apports des composantes de marées astronomiques qui ont des périodes d'un mois ou inférieures à un mois. Les valeurs annuelles du niveau moyen doivent être débarrassées de toutes les marées considérées normalement comme importantes à l'exception de la variation de 19 ans. Naturellement, l'élimination parfaite de toutes les composantes de marée est impossible, et par conséquent il est nécessaire de se rendre compte que les moyennes mensuelles et annuelles ne peuvent être tenues pour exactes qu'à l'approximation d'environ 0,01 *ft* (3 mm) et 0,005 *ft* (1,5 mm) respectivement. Ceci posé, que pouvons-nous dire des causes des variations du niveau de la mer ? En plus des ondes astronomiques de très longue période, le niveau moyen subit des variations avec le temps de la distribution des facteurs océanographiques et climatologiques, et de la distance de la surface de la terre au centre de la terre.

Le facteur océanographique le plus remarquable qui affecte le niveau moyen provient des variations de densité de l'eau de mer suivant les saisons. Ces variations sont connues sous le nom de variations stériques et c'est principalement à cette cause que l'on peut attribuer les variations du niveau de la mer aux basses latitudes. Plus on s'éloigne de l'équateur ce-

pendant, plus les facteurs climatologiques deviennent importants et au premier rang de ceux-ci se trouve l'influence de la distribution barométrique et son taux de variation avec le temps. Les travaux accomplis par le Service Permanent au cours de ces dernières années ont montré que la plupart des variations mensuelles et annuelles du niveau moyen dans les eaux européennes peuvent être directement reliées aux variations du système de pression atmosphérique dans ces régions. On a pu formuler des relations empiriques entre la distribution des pressions barométriques observées et les variations observées du niveau de la mer. Par la suite, on a pu obtenir une estimation du niveau de la mer *non perturbé* en imposant une pression barométrique uniforme sur toute la région. Le but de cette étude était d'expliquer quelques-unes des différences supérieures à 0,5 m dans le niveau entre la Baltique et la Méditerranée telles qu'elles ressortent de nivellements précis. Ce procédé, en même temps qu'il réduit de façon appréciable l'écart-type des niveaux annuels de la mer à toutes les stations, a servi surtout pour faire ressortir que la différence moyenne de temps entre la Baltique et la Méditerranée doit être due à la répartition moyenne de temps des niveaux stériques entre ces deux régions.

Les facteurs climatologiques peuvent aussi avoir un effet marqué sur les variations séculaires du niveau de la mer. On a beaucoup parlé au cours de ces dernières années d'une tendance à un réchauffement des climats dans le monde entier. Cette situation peut influencer de deux manières sur le niveau de la mer : d'abord en faisant fondre quelques-unes des régions de glaciation, ce qui augmente le niveau global de la mer, et ensuite en soulageant la terre de sa charge de glace, ce qui réduit le niveau de la mer (par rapport à la terre) dans les régions soumises à la déglaciation. Malheureusement, il n'existe pas de bonnes archives des observations du niveau moyen portant sur un temps suffisant pour indiquer plus qu'approximativement quelles sont les variations qui se sont produites. Il est probablement vrai qu'au cours des dernières dizaines d'années, le niveau moyen s'est élevé dans le monde entier à la vitesse d'environ 10 centimètres par siècle. Diverses estimations géologiques suggèrent qu'à la quatrième période glaciaire le niveau de la mer était situé environ 100 mètres plus bas qu'à l'heure actuelle. Maintenant, le niveau de la mer autour de la Grande-Bretagne semble s'élever à la vitesse de 0,5 *ft* par siècle. Ce chiffre est faible naturellement, mais nous n'avons aucune garantie qu'il n'augmentera pas; d'un autre côté, il peut aussi bien diminuer. Il est intéressant de remarquer qu'un exhaussement d'un demi *foot* par siècle multiplie par deux la probabilité de pleines mers dangereuses dans les ports britanniques.

Les variations de distance du repère des marées au centre de la terre ont été mises en cause; elles peuvent provenir de la glaciation ou de la déglaciation. La croûte terrestre subit aussi directement les forces génératrices de la marée et il se produit alors ce qu'on appelle les marées terrestres, la croûte cède aussi sous le poids des charges imposées par le volume déplacé par la marée dans les océans et les mers. Ce deuxième effet est connu sous le nom de marées de charge et les mesures de marées terrestres montrent qu'il s'étend à une distance remarquable à l'intérieur des terres en partant des côtes des continents.

Peut-être vaut-il la peine de faire quelques remarques sur le cycle des marées ayant une période de 18,6 ans, période de la révolution des nœuds

de la lune. L'existence théorique de cette marée est souvent utilisée comme argument pour prendre les moyennes de 19 années ou pour prendre un intervalle d'observations de 19 ans lorsqu'on examine toutes sortes de variations. La distribution et la grandeur de cette oscillation cependant se sont révélées difficiles à déterminer par des observations, parce qu'on cherche une oscillation qui est beaucoup plus petite que le niveau général des erreurs des données. Des essais pour faire disparaître les erreurs associées aux distributions de pression atmosphérique et des vents n'ont pas donné de résultats plus probants pour la marée nodale que l'analyse des données brutes. Il semble très probable que si la marée nodale peut être observée, elle doit être donnée par l'expression $18,5 (\sin^2 \lambda - \frac{1}{3}) \cos N$ où λ est la latitude et N la longitude moyenne du nœud ascendant de la lune. Cette expression théorique comprend un facteur de 0,7 pour tenir compte de la quantité dont la terre cède comme il a été expliqué ci-dessus. Il faudra encore de nombreuses années d'observations précises avant de pouvoir le vérifier.

Si nous possédions 100 années d'observations précises pour 100 stations réparties idéalement dans le monde, nous serions beaucoup plus riches. D'abord nous aurions une meilleure connaissance des variations eustatiques du niveau de la mer pendant cette période, c'est-à-dire les variations dans le niveau moyen de la mer dans l'océan global. Ceci nous permettrait d'être plus éclairés sur des problèmes de géophysique tels que la variation de longueur du jour qui dépend du moment d'inertie de la terre. Si les variations eustatiques sont appréciables, elles doivent provenir de la glaciation ou de la déglaciation et suivant l'emplacement géographique des calottes glaciaires, l'axe instantané de la rotation de la terre sera affecté; ceci jetterait plus de lumière sur les variations de latitude qui ont été observées. A l'heure actuelle, ces phénomènes géophysiques n'ont pas reçu d'explication satisfaisante d'après les variations connues du niveau de la mer, bien que naturellement il soit nécessaire de comprendre que la variation du niveau de la mer n'est pas le seul facteur qui puisse affecter la longueur du jour et la variation des latitudes.

Le nivellement océanographique, c'est-à-dire l'emploi de la surface de la mer pour la vérification des méthodes habituelles de nivellement précis, est devenu intéressant au cours de ces dernières années par suite de l'existence du Réseau de Nivellement Européen Unifié que nous avons déjà signalé.

Le Service Permanent s'occupe actuellement de deux questions. Il essaie de déterminer les meilleures valeurs des variations saisonnières du niveau de la mer en des stations choisies tout autour du monde. Entre autres choses, on espère que cela sera d'une utilité pratique dans les prédictions de marées. Il se propose aussi de fournir une analyse continue des données telles qu'il les reçoit, de façon à donner les estimations les plus récentes des variations séculaires du niveau de la mer. Pour effectuer cette tâche, il sera nécessaire de mettre en cartes perforées toutes les données reçues.

Nous pourrions étudier en détail beaucoup d'autres aspects des variations du niveau moyen, si nous en avons le temps. Le rôle joué par le niveau moyen des mers peu profondes dans la dissipation de l'énergie des marées est probablement négligeable, mais toute la question du frottement des marées, liée comme elle l'est à la rotation de la terre, est actuellement si ouverte à de nouvelles théories qu'il n'est peut-être pas sage d'être trop

dogmatique. Le fait de puiser de l'eau de mer pour l'utiliser dans le refroidissement de nombreuses industries lourdes exige une connaissance détaillée non seulement des marées, mais de la probabilité des niveaux anormaux, comme on le fait pour la construction des défenses contre la mer.

On peut mettre en relief un facteur commun parmi tous ces sujets variés : c'est la nécessité d'avoir davantage de marégraphes permanents bien entretenus et qui fournissent des enregistrements que l'on peut dépouiller d'une façon précise pour avoir les niveaux moyens. Je serais personnellement très heureux, et c'est mon ambition, si au cours des 25 prochaines années nous construisions un réseau adéquat de stations pour que nos successeurs aient à travailler avec des données qui nous font défaut à l'heure actuelle.