

ANOMALIE DYNAMIQUE DE LA SURFACE DE LA MER LE LONG DE L'ÉQUATEUR DANS L'OCÉAN PACIFIQUE

par L. LEMASSON* et B. PITON**

RÉSUMÉ

La pente dynamique de la surface de la mer par rapport à l'isobare 700 décibars le long de l'équateur étudiée à partir des résultats de la croisière océanographique « ALIZÉ » (1965) fait apparaître une augmentation de niveau de l'ordre de 65 cm dyn entre l'est et l'ouest. La pente qui serait entretenue par le vent présente des irrégularités qui avaient déjà été décelées auparavant en particulier dans la région des îles Gilbert.

ABSTRACT

The dynamic slope of the sea surface along the equator, studied from the results of the oceanographic cruise « ALIZÉ » (1965) shows a level increasement of about 65 cm between east and west. This slope towards the west results from the mean windstress of easterly winds ; it shows some unevenness which have already been found previously, particularly around the Gilbert Islands.

1. — INTRODUCTION

De novembre 1964 à mars 1965, le navire de recherches CORIOLIS du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa a effectué une croisière océanographique dans l'Océan Pacifique au cours de laquelle 74 stations hydrologiques ont été occupées d'une part au voisinage immédiat de l'équateur, d'autre part à moins de 1° de part et d'autre ; la station la plus orientale était par 86° W et la plus occidentale par 160° E (croisière « ALIZÉ », ROTSCH et al., 1967). A l'aide des observations hydrologiques effectuées au cours de cette croisière, on a pu calculer l'anomalie dynamique le long de l'équateur par rapport à la référence 700 décibars et comparer la pente des surfaces isobares entre les îles Galapagos et 160° E à celles déterminées par divers auteurs à partir d'observations antérieures. Les gradients de pression horizontaux et méridiens dans la mer étant négligeables dans la région équatoriale, il s'ensuit que les mêmes gradients zonaux donnent une bonne représentation de la pente de la surface de la mer le long de l'équateur.

* Océanographe physicien de l'O.R.S.T.O.M. Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan.

** Océanographe physicien de l'O.R.S.T.O.M. Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé.

2. — RÉPARTITION VERTICALE DES ANOMALIES DYNAMIQUES

2.1. — Le calcul de la hauteur dynamique a été effectué suivant la méthode utilisée par MONTGOMERY et WOOSTER (1954), et KLEIN (1955). Les courbes T-S à chaque station hydrologique sont tracées sur un graphique à coordonnées obliques qui permet d'obtenir directement l'anomalie thermostérique (δT), telle qu'elle a été définie par MONTGOMERY et WOOSTER (*id.*).

Si l'on néglige les termes de pression dans les calculs dynamiques, on obtient des hauteurs trop faibles de 2,5 % environ lorsque l'on prend la surface de mouvement nul à 500 décibars, et de 4 % lorsque cette surface est prise à 1000 décibars (KLEIN, 1955). Dans le Pacifique équatorial l'erreur ainsi introduite sur la différence des hauteurs dynamiques entre 2 stations est inférieure à 5 % de cette différence (MONTGOMERY et WOOSTER, 1954). La topographie dynamique de la surface de la mer établie en négligeant les termes de pression est donc peu différente de celle obtenue en suivant la méthode classique.

2.2. — Le profil dynamique, par rapport à 700 décibars, de la surface de la mer et de quelques surfaces isobares a été établi à l'aide de 58 stations ayant atteint une profondeur supérieure à 700 mètres (fig. 1). Les hauteurs dynamiques de la surface et des isobares où la pression est supérieure, jusqu'à 200 décibars, croît de l'est vers l'ouest. La différence de hauteur dynamique de la surface entre 90° W et 160° E est de 65 cm-dyn, ce qui correspond à une pente moyenne de $5,7 \cdot 10^{-8}$; celle-ci atteint un maximum de $6,7 \cdot 10^{-8}$ entre 122°30 W et 162° 30 W.

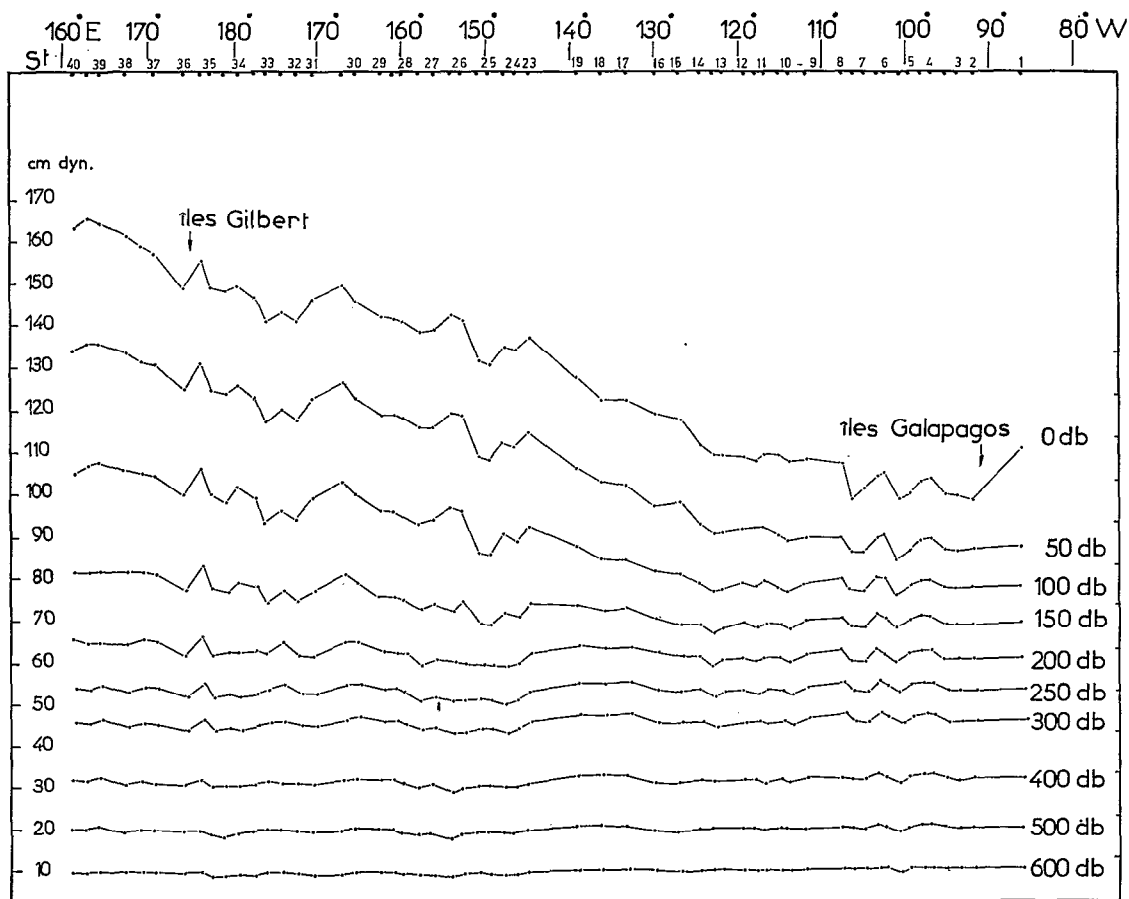


Fig. 1. — Croisière *Alizé*. Distribution verticale de l'anomalie de hauteur dynamique.

Dans le calcul de la pente moyenne, il n'a pas été tenu compte de la station 1 située à l'est des Galapagos où les eaux superficielles n'entrent pas dans le même système que celui étudié.

Si l'on compare la coupe des températures (fig. 2) à celle des anomalies dynamiques, on note que la pente de la surface de la mer est essentiellement liée à l'épaisseur de la couche de mélange, limitée vers le bas par la thermocline ; cette couche s'épaissit de l'est vers l'ouest. L'hypothèse que l'élévation du niveau de la mer sur le bord occidental des océans est entretenue par les alizés a été émise par de nombreux auteurs ; le premier à expliquer de cette façon le contre-courant équatorial de l'Atlantique semble avoir été A. FINDLAY. MONTGOMERY et PALMEN (1940) ont montré que le contre-courant était dû à la présence d'un gradient de pression longitudinal le long

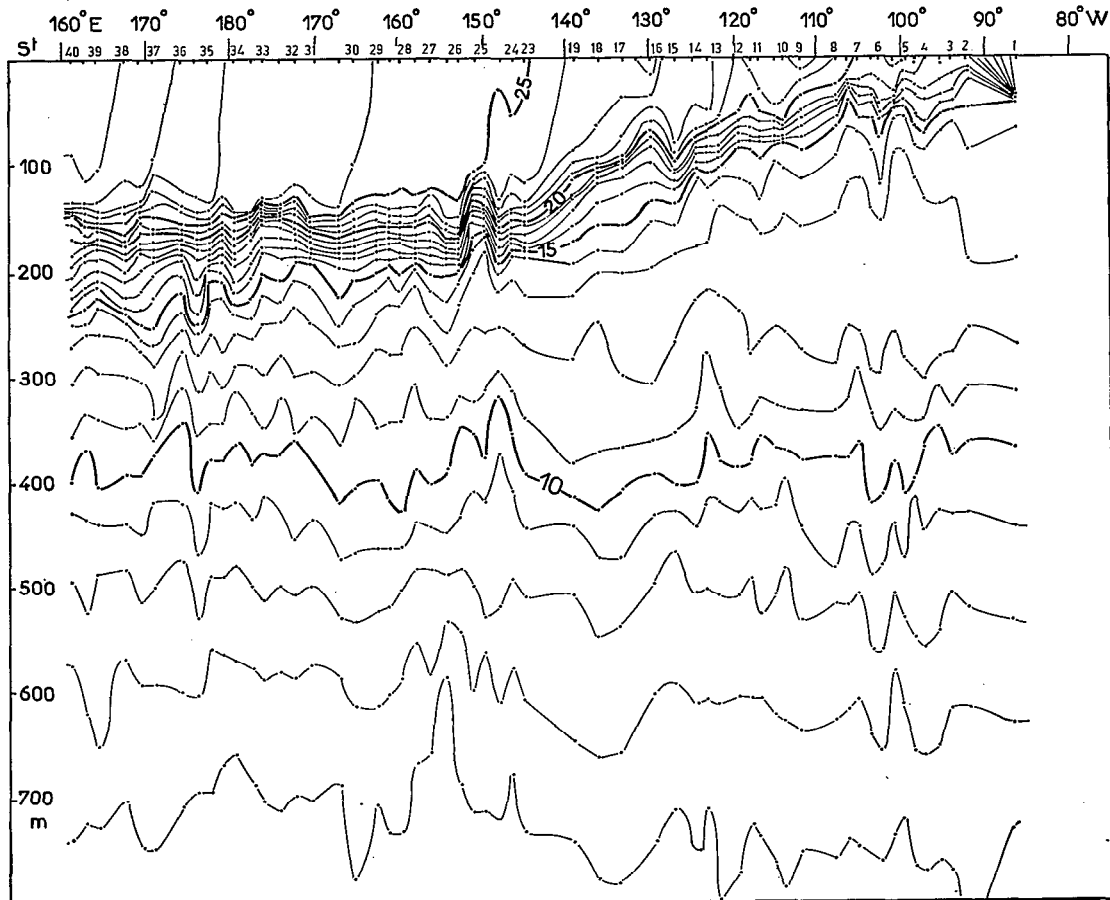


Fig. 2. — Croisière *Alizé*. Distribution verticale de la température.

de l'équateur entretenu par les alizés et que la pente moyenne est celle que l'on obtiendrait si l'on admet qu'il y a équilibre entre le gradient zonal de pression et la force d'entraînement du vent calculée d'après SHAW (1936). Dans le cas de la croisière ALIZÉ, l'accroissement de la pente entre 122°30 W et 162°30 W correspond bien au maximum de la composante est-ouest de la force d'entraînement entre novembre et mars (fig. 3) ; on trouve en effet les valeurs les plus fortes de la force d'entraînement supérieures à 0,60 dyn/cm² entre 120° W et 160° W pour cette période de l'année (HIDAKA, 1958).

Le profil dynamique des surfaces isobares présente des irrégularités dont l'amplitude peut atteindre 10 centimètres dynamiques entre 2 stations successives ; les principaux accidents de la topographie dynamique sont répartis en 3 zones : entre 90° W et 110° W, aux environs de

150° W et enfin de 170° W à 175° E. Ces accidents vont en s'atténuant en profondeur et disparaissent vers 300 mètres. Enfin les variations brutales de l'ordre de 7 centimètres dynamiques qui apparaissent vers 175° E entre 2 stations successives peuvent être dues à la présence de l'archipel des Gilbert et du seuil sous-marin qui constitue un véritable obstacle aux courants équatoriaux (STROUP et HUNT, 1963) ; en outre cette zone est marquée par un fort gradient horizontal superficiel de salinité (34,4 ‰-35,3 ‰ entre 170° E et 175° E), ce qui semblerait indiquer que la barrière des Gilbert correspond à une frontière entre 2 zones équatoriales : à l'ouest des îles Gilbert, on entre dans la région des eaux à faible salinité du nord des îles Salomon, où la pluviosité est très élevée et les vents faibles en cette saison. On ne possède malheureusement que les données météorologiques ponctuelles du « CORIOLIS », lors de cette campagne, qui ne permettent pas d'établir des variations moyennes pendant plusieurs jours consécutifs de la composante zonale du vent le long de l'équateur. Lors de la croisière ALIZÉ les conditions étaient les suivantes (ROTSCH et al., 1967) :

— Première partie de la croisière, entre le 20 novembre et le 10 décembre 1964, de 90° W à 140° W ; entre 90° W et 105° W, le vent d'est faible qui a soufflé s'est renforcé graduellement vers l'ouest tout en virant au secteur est d'abord puis est-nord-est ensuite ; entre 105° W et 120° W le vent d'est a atteint 10 à 12 nœuds ; entre 120° W et 140° W le vent d'est ou d'est-nord-est a atteint 20 à 25 nœuds. Ceci correspond au schéma de la composante zonale du vent d'après HIDAOKA (fig. 2).

— Deuxième partie de la croisière, entre le 18 février et le 8 mars 1965, de 145° W à 175° E, un vent de 12 à 18 nœuds a soufflé de l'est pour tomber ensuite brutalement et s'annuler en fin de croisière.

Les anomalies du profil dynamique de la surface que l'on a décrites précédemment sont vraisemblablement dues à des conditions météorologiques locales : les perturbations atmosphériques dues à l'archipel des Gilbert se traduisent par une instabilité du régime des vents, d'où il s'ensuit des variations de la force d'entraînement zonale du vent, qui créent elles-mêmes des variations de la pente de la surface de la mer et des courants superficiels.

Il serait intéressant de pouvoir relier plus étroitement les observations hydrologiques à un relevé des conditions météorologiques couvrant la région dans le temps et dans l'espace.

3. — COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS OBTENUS LORS D'ÉTUDES ANTÉRIEURES

MONTGOMERY et PALMEN (1940) ont été les premiers à mettre en évidence une différence de niveau entre les bords est et ouest du Pacifique équatorial, à partir d'observations du « DANA ».

Entre 99°07 W et une position moyenne entre 3 stations, située vers 134°44 E, les auteurs ont trouvé une différence de niveau voisine de 62,6 cm-dyn par rapport à 1000 décibars, ce qui donne une pente superficielle de $4,5 \cdot 10^{-8}$. En revanche entre 99°07 W et 138°43 E, la différence étant prise par rapport à 700 décibars, la pente est plus forte et est alors égale à $5,1 \cdot 10^{-8}$.

AUSTIN (1958) utilisant principalement les résultats de la campagne « EQUAPAC » a calculé une pente de $5,0 \cdot 10^{-8}$ à partir d'une différence de niveau de 80 cm entre 100° W et 135° E, avec 700 décibars comme surface de référence. Cet auteur a en outre noté une dépression dans le profil dynamique aux environs de 180°, pendant la période allant de juillet à décembre, et aux environs de 160° W pendant l'autre moitié de l'année. Ce résultat est à rapprocher de la région dépressionnaire trouvée vers 175° W à l'aide des résultats du « CORIOLIS ».

REID (1961), à l'aide des principaux résultats recueillis dans le Pacifique équatorial depuis l'expédition du CHALLENGER (1875) a obtenu une différence de niveau entre les bords oriental et occidental de l'ordre de 55 cm correspondant à une pente moyenne de $5,0 \cdot 10^{-8}$, les anomalies de hauteurs dynamiques étant calculées à partir de 1000 décibars. Il a établi en outre une bonne corrélation entre la composante zonale de la force d'entraînement moyenne annuelle du vent

(calculée d'après HIDAHA, 1958) et la dénivellation du niveau de la mer entre l'est et l'ouest du Pacifique et entre 60° N et 60° S.

A partir de la surface de mouvement nul à 1000 décibars, KNAUSS (1963) obtient pour la surface de la mer le long de l'équateur une dénivellation voisine de 65 cm. La pente moyenne est de $4,9 \cdot 10^{-8}$; elle n'est pas régulière et présente un maximum de $6,5 \cdot 10^{-8}$, entre 120° W et 170° W, ce qui est identique au résultat obtenu au moyen des stations de la croisière ALIZÉ.

Enfin, la topographie dynamique du Pacifique équatorial établie par RODEN (1963), par rapport à 1000 décibars, montre un accroissement identique de l'est vers l'ouest de l'anomalie de hauteur dynamique, avec une pente moyenne de $6,7 \cdot 10^{-8}$.

Ces résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Auteurs	Pente dynamique	Niveau de référence
MONTGOMERY et PALMEN (1940)..	$4,5 \cdot 10^{-8}$ $5,1 \cdot 10^{-8}$	1.000 db 700 db
AUSTIN (1958).....	$5,0 \cdot 10^{-8}$	700 db
REID (1961).....	$5,0 \cdot 10^{-8}$	1.000 db
KNAUSS (1963).....	$4,9 \cdot 10^{-8}$ $6,5 \cdot 10^{-8}$ (1)	1.000 db
RODEN (1963).....	$6,7 \cdot 10^{-8}$ (2)	1.000 db
Croisière ALIZÉ (1964-1965).....	$5,7 \cdot 10^{-8}$	700 db

(1) 120° W-170° W.

(2) 145° W-160° E.

Les divers profils de la surface de l'océan Pacifique équatorial sont représentés comparativement fig. 3.

CONCLUSION

Le profil dynamique de la surface de la mer à l'équateur dans l'océan Pacifique, obtenu à partir des résultats de la croisière ALIZÉ du « CORIOLIS » fait apparaître une augmentation du niveau de la mer de l'ordre de 65 cm entre 90° W et 160° E. Toutefois ce profil présente des zones d'irrégularités dont l'amplitude (de 5 à 10 cm) dépasse l'ordre de grandeur des erreurs liées au calcul de l'anomalie de hauteur dynamique. En particulier le creux dynamique situé entre 170° W et 180° où l'on a un abaissement de la surface voisin de 10 cm correspond à celui trouvé par AUSTIN (1958) dans la même région et pendant la période allant de juillet à décembre. Ce creux se déplacerait vers l'est pendant l'époque allant de janvier à juin. Ces irrégularités sont vraisemblablement dues à des perturbations météorologiques localisées, telles que l'on en trouve dans la région de l'archipel des Gilbert, où l'on observe un creux de 7 cm-dyn.

La pente est entretenue par la composante est-ouest du vent, le maximum de pente correspondant, pour la croisière ALIZÉ, au maximum de cette composante calculée d'après les données

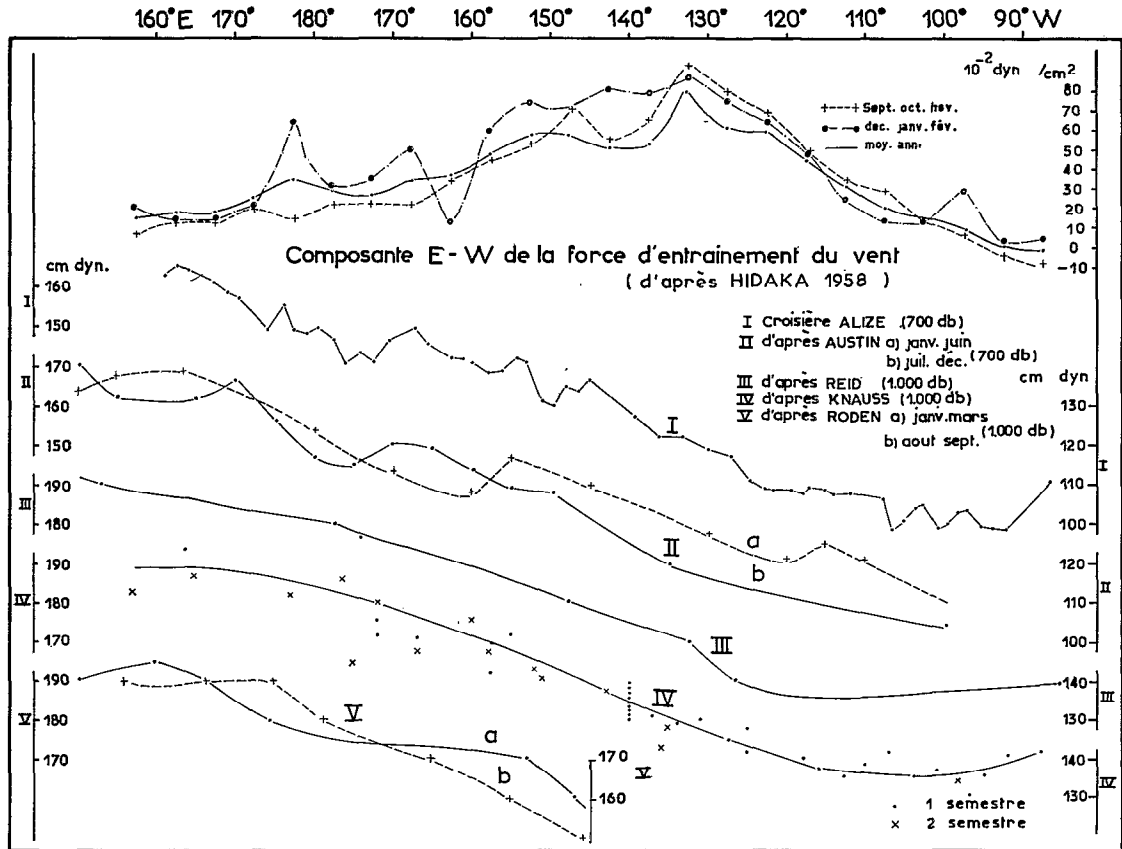


Fig. 3. — Pentés dynamiques de la surface de la mer le long de l'équateur dans le Pacifique, comparée à la composante zonale de la force d'entraînement du vent.

de HIDAKA (*id.*). Les résultats obtenus à l'aide de stations effectuées au cours d'une même expédition confirment les études faites à l'aide d'observations dispersées dans le temps et montrent que les irrégularités du profil dynamique de la surface sont un caractère permanent dans certaines zones ; c'est le cas de la dépression dynamique située vers 175° W qui avait déjà été observée lors d'EQUAPAC (AUSTIN, 1958).

BIBLIOGRAPHIE

- AUSTIN (T.S.), 1958. — Variation with depth of oceanographic properties along the equator in the Pacific. *Trans. Am. Geo. Union.*, 39, 6, pp. 1055-1063.
- HIDAKA (K.), 1958. — Computations of wind stresses over the oceans. *Rec. Oceano. Works Japan*, 4, pp. 77-123.
- KLEIN (H.T.), 1955. — A new technique for processing physical oceanographic data. (Manuscrit non publié).
- KNAUSS (J.A.), 1963. — Equatorial current systems. *The Sea*, 2, Ed. by M. N. HILL, Interscience Publishers, New York, pp. 235-252.

- MONTGOMERY (R.B.) and PALMEN (E.), 1940. — Contribution to the question of the Equatorial counter-current. *Journ. Mar. Res.* III, 2, pp. 112-133.
- MONTGOMERY (R.B.) and WOOSTER (W.S.), 1954. — Thermosteric anomaly and the analyses of serial oceanographic data. *Deep Sea Res.*, 2, pp. 63-70.
- REID (J.L.), 1961. — On the geostrophic flow at the surface of the Pacific Ocean with respect to the 1.000 decibars surface. *Särtryck ur Tellus*, 4, pp. 489-502.
- RODEN (G.I.), 1963. — On the sea level, temperature and salinity variations in the Central Tropical Pacific and on Pacific Ocean Islands. *Journ. Geo. Res.*, 68, pp. 465-472.
- ROTSCHI (H.), HISARD (Ph.), LEMASSON (L.), MAGNIER (Y.), NOËL (J.), et PITON (B.), 1967. — Résultats des observations physico-chimiques de la croisière ALIZÉ. Rap. Sc. n° 2, Centre O.R.S.T.O.M., Nouméa, 56 p.
- SHAW (N.), 1936. — Comparative Meteorology. Manual of Meteorology, Cambridge University Press, 2, 2nd edition, 472 p.
- STROUP (E.D.), HUNT (F.W.), 1963. — Measurements of equatorial current in the Gilbert Islands area, July-August 1963. *Nature*, 200, 4920, pp. 1001-1002.