

COMPARAISON DE DONNÉES SUPERFICIELLES AVEC CELLES DE SATELLITES ARTIFICIELS DANS LA PARTIE OCCIDENTALE DE L'OCÉAN INDIEN

J. R. DONGUY

Océanographe de l'O.R.S.T.O.M. - Nouméa (Nouvelle Calédonie)

RÉSUMÉ

L'utilisation des navires non spécialisés comme collecteurs de données superficielles présente un grand intérêt quand ils sont astreints à une ligne régulière. Les campagnes d'échantillonnage en zone tropicale ont permis d'éclaircir l'hydrologie de surface, de définir certains climats marins et de suivre l'évolution de certains courants. La comparaison des données superficielles des navires marchands et de celles fournies par les satellites artificiels met en évidence les difficultés d'interprétation de ces dernières qui peuvent tempérer le grand intérêt qu'elles présentent.

SUMMARY

The use of merchant ships for collecting surface data is very interesting when they keep regular route. The sampling in tropical area has thrown light on surface hydrography. Marine climates have been described and the evolution of surface currents has been followed. The comparison of surface data of merchant ships with those send by unmanned spacecrafts shows that the difficult interpretation of the last ones could limit their great interest.

INTRODUCTION.

L'utilisation systématique de navires non spécialisés pour collecter des données météorologiques et océanographiques a sans doute été inaugurée en 1844 par Mathew Fontaine MAURY. Il encouragea les navires à consigner leurs observations et en déduisit les « pilot charts » d'utilisation courante pour tous les navigateurs.

Actuellement, de nombreux navires transmettent systématiquement par radio les données météorologiques qu'ils observent ainsi que la température superficielle de la mer. Ils sont d'une utilité primordiale pour l'établissement des cartes météorologiques. De plus, la température de la surface de la mer joue un rôle fondamental sur la formation et la trajectoire des cyclones; la connaissance de ce

paramètre, fourni par un grand nombre de navires, ferait avancer celle de ce phénomène et permettrait de prévoir sa trajectoire. Cependant, il semble que les navires sélectionnés pour ces relevés systématiques constituent une minorité : en France ils ne sont que 200.

EXEMPLES DE CAMPAGNES DE PRÉLÈVEMENTS.

En zone tropicale, on peut citer de nombreuses campagnes d'échantillonnages superficiels, sans prétendre que cette liste soit exhaustive. C'est ainsi que dans l'Atlantique, BERRIT (1961, 1962) du Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire, a en 1957 et 1958, utilisé les prélèvements et les mesures de

8 navires naviguant le long des côtes de l'Afrique tropicale. Dans l'Océan Indien, MATTHEWS (1926) grâce à l'échantillonnage superficiel des navires de la route des Indes, a pu dresser des cartes de salinité de surface. DONGUY (1970), alors au Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé, a utilisé l'échantillonnage superficiel des navires reliant l'Europe à Madagascar en 1966 et 1967, c'est-à-dire l'année précédant la fermeture du Canal de Suez. Dans l'Océan Pacifique, le C.S.I.R.O. (Division of Fisheries and Oceanography, Cronulla, Australie) a conduit de 1953 à 1960 une étude des conditions superficielles en Mer du Corail et en Mer de Tasman (Anonyme, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1960). Cette étude a été reprise en 1967 et a permis de tracer des cartes mensuelles de salinité et de température en Mer du Corail et en Mer de Tasman. Le Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa a utilisé les données superficielles relevées en 1959 et 1960 par les navires reliant Nouméa à Sydney (LEMASSON, 1966). Les mesures superficielles ont repris en 1969 entre Nouméa et la latitude 10°N grâce aux minéraliers japonais reliant la Nouvelle-Calédonie au Japon. Dans le Pacifique Central, l'échantillonnage superficiel des paquebots reliant Hawaii à Tahiti et aux îles Samoa a été utilisé par AUSTIN (1960) et MONTGOMERY (1970).

EXPLOITATION DES DONNÉES SUPERFICIELLES.

L'intérêt de telles études ne peut être comparé à celui des campagnes océanographiques. Ces dernières donnent une description très précise en surface et en profondeur à l'intérieur d'une zone restreinte mais cette description n'est valable que pour une période limitée. Au contraire, un échantillonnage superficiel ne décrit que les conditions de surface le long d'une route linéaire, mais les observations, par leur continuité, permettent de saisir les variations temporelles qu'elles soient saisonnières ou accidentelles. Campagnes océanographiques et échantillonnage superficiel paraissent donc complémentaires.

La plupart des campagnes d'échantillonnage ont éclairci l'hydrologie de surface des régions étudiées. Les masses d'eau, définies par leur température et leur salinité, sont identifiées par un diagramme T-S. Grâce à la continuité des observations, on décèle les modifications saisonnières de ces masses d'eau et éventuellement leur succession; on peut définir ainsi le climat marin d'une zone assez étendue. Sur la côte d'Afrique (fig. 1), BERRIT (1962) a défini ainsi les zones d'upwelling et les zones d'eau chaude permanente. La salinité et la température de surface peuvent aussi être considérées comme des traceurs

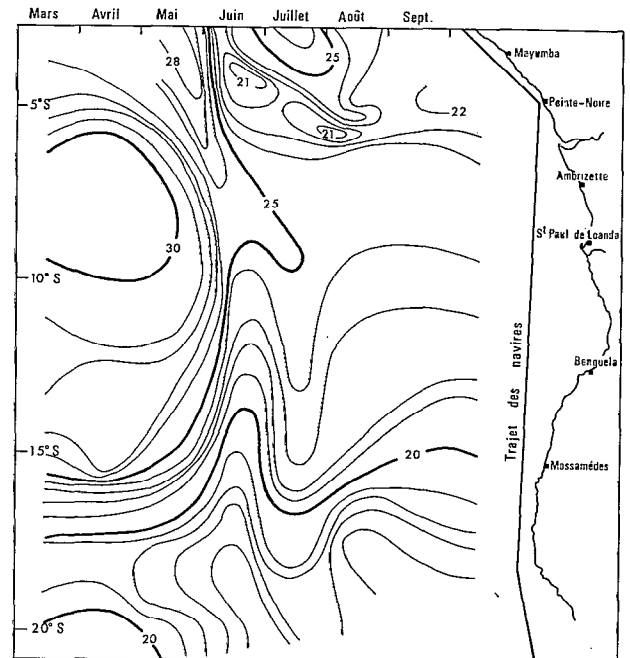


Fig. 1. — Diagramme thermique de Pointe-Noire au Cap Frio en 1960.

permettant de déceler courants et contre-courants. Dans le Pacifique occidental (fig. 2), aux courants portant à l'ouest est associée une salinité élevée tandis qu'aux contre-courants est associée une faible salinité. Enfin dans certains cas, les conditions de surface peuvent être le reflet des conditions subsuperficielles. C'est ainsi que dans le Pacifique Occidental, la salinité du contre-courant équatorial nord est homogène de la surface à 300 mètres de profondeur.

Les observations faites par les navires marchands peuvent être comparées à celles obtenues à l'aide de satellites artificiels, tout au moins en ce qui concerne la température superficielle. Les données des navires marchands sont directement exploitables mais elles ne présentent pas de détails et leur étendue géographique est restreinte. Au contraire, celles des satellites nécessitent une interprétation élaborée mais elles donnent les moindres détails sur une étendue géographique considérable. Les deux types d'observations peuvent donner lieu à des comparaisons intéressantes. WILKERSON (1967) a montré l'excellent accord des données infra-rouge de Nimbus II avec celles des navires « Coast Guards » dans la partie du Gulf Stream proche de la côte américaine. Par contre, le front océanique saisonnier mis en évidence par BERRIT (1962) entre l'équateur et 16°S sur la côte occidentale d'Afrique n'a pu être saisi par les photos télévisées de ESSA-6 (MAUGHAN, INGHAM, HEBARD, 1969).

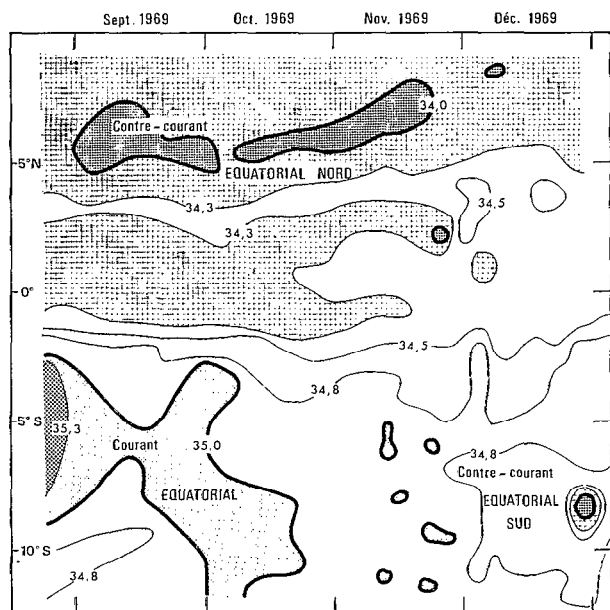


Fig. 2. — Diagramme espace-temps entre la Nouvelle-Calédonie et le Japon mettant en évidence courants et contre-courants.

COMPARAISON DES DONNÉES DES NAVIRES MARCHANDS AVEC CELLES DES SATELLITES ARTIFICIELS.

En 1966, DONGUY (1970) a étudié grâce à des navires marchands les conditions superficielles au large de la côte orientale africaine, tandis que des photos infra-rouge de la même zone prises par Nimbus II étaient exploitées par LA VIOLETTE et CHABOT (1968). Dans la zone étudiée, l'upwelling de la côte somalienne est un phénomène suffisamment contrasté pour être facilement identifié à la fois sur les photos du satellite et sur les données des navires marchands. LA VIOLETTE et CHABOT (1968) ont choisi trois jours qu'ils ont jugé représentatifs du phénomène : le 23 mai et le 16 août, c'est-à-dire au début et au milieu de la mousson de sud-ouest; le 10 novembre, c'est-à-dire peu de temps avant la mousson de nord-est.

Conditions du 23 mai 1966.

D'après les diagrammes espace-temps (DONGUY, 1970), les conditions océanographiques de ce jour sont les suivantes (fig. 3) : dans le Golfe d'Aden la saison chaude est établie; la température superficielle est supérieure à 30 °C de Djibouti au Cap Guardafui. Entre 8 °N et 11 °N, l'upwelling abaisse la température de surface jusqu'à 24 °C vers 10 °N. Au sud de 8 °N, la température de surface atteint 28 °C près de la côte, 26° C au large.

D'après les photographies du satellite (fig. 4), la

température superficielle du Golfe d'Aden est supérieure à 26,7 °C (80 °F). Entre 7 °N et 11 °N, la zone d'eau froide côtière de température inférieure à 25,3 °C est divisée en trois parties par deux surfaces plus chaudes (zones a et b). Au sud de 5 °N, la température superficielle est supérieure à 26,7 °C.

Les données des navires marchands et celles des satellites sont similaires dans les zones d'eau chaude : Golfe d'Aden et au sud de 5 °N. Par contre quelques différences apparaissent dans la zone d'upwelling. Suivant les données du satellite, cette zone est morcelée en trois parties tandis qu'elle est unique suivant celles des navires marchands. Il peut y avoir deux explications :

(a) l'espacement des observations des navires marchands n'a pas permis de saisir de tels détails;

(b) le morcellement est un phénomène fugitif, les zones a et b étant en cours d'occlusion. Quoiqu'il en soit, les zones d'eau froide et d'eau chaude ont la même disposition géographique suivant les deux types de données et leurs températures sont sensiblement les mêmes.

Conditions du 16 août 1966.

D'après les données des navires marchands (fig. 5), prises sur les diagrammes espace-temps, les conditions océanographiques de ce jour sont les suivantes : dans le Golfe d'Aden, c'est la fin de la saison chaude; de Djibouti au Cap Guardafui, la température superficielle passe de 30 °C à 25 °C. Entre 8 °N et le Cap Guardafui, la température superficielle minimum n'atteint que 20 °C, le maximum d'intensité de l'upwelling ayant été observé vers le 15 juillet. Au sud de 8 °N, la température superficielle est inférieure à 26 °C.

D'après les photographies du satellite (fig. 6), le Golfe d'Aden est occupé par de l'eau dont la température est comprise entre 18,3 °C et 23,9 °C. Entre 8 °N et le Cap Guardafui, la température superficielles minimum est comprise entre 12,8 °C et 15,6 °C. Au sud de 8 °N, la température est inférieure à 18,3 °C.

S'il y a coïncidence dans la disposition géographique des maxima et minima des températures relevées par les navires marchands et de celles photographiées par le satellite, leurs valeurs sont très différentes. Il semble que les températures relevées par les navires marchands soient supérieures de 6 °C environ à celles photographiées par le satellite. LA VIOLETTE et CHABOT (1968) admettent que les températures données par le satellite sont inférieures à la moyenne de 6 °C à 8 °C (12°-15 °F). Il semblerait qu'une couche de brouillard ait contaminé les mesures; ce brouillard est sans doute lié à l'upwelling puisqu'il ne fut pas possible de trouver d'enregistrements plus clairs de juillet à septembre.

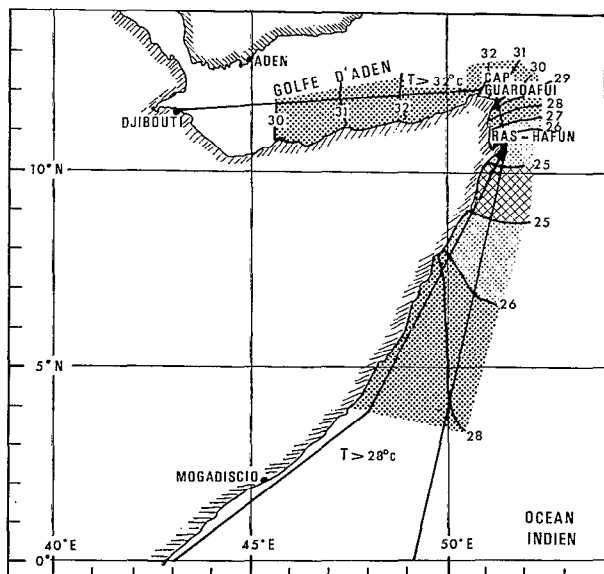


Fig. 3. — Température superficielle le 23 mai 1966 d'après les données des navires marchands.

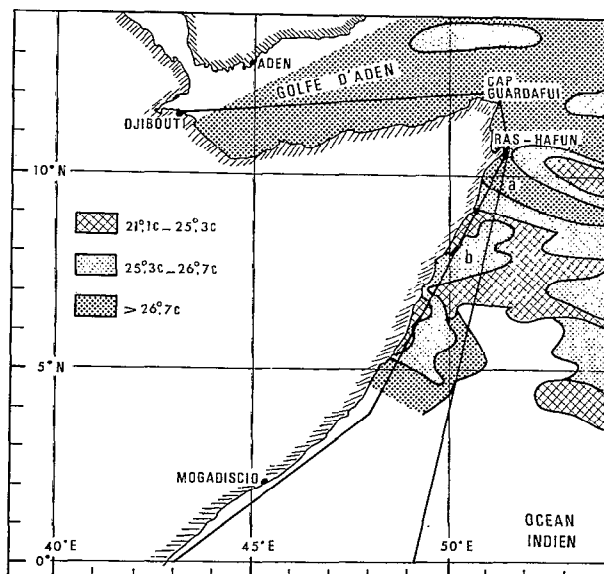


Fig. 4. — Température superficielle le 23 mai 1966 d'après les photographies du satellite.

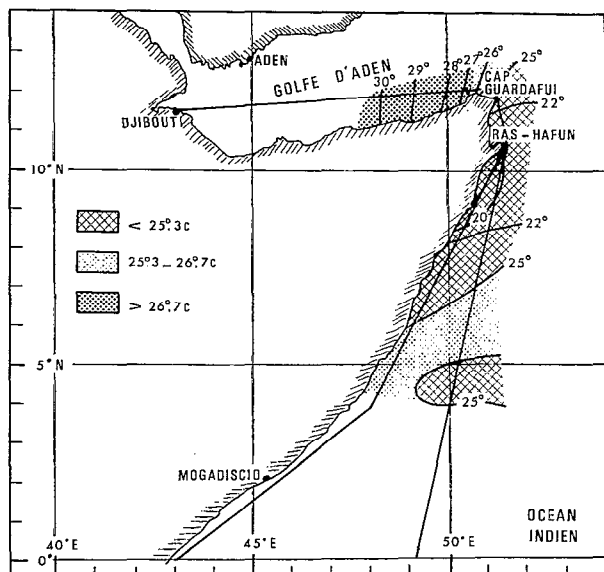


Fig. 5. — Température superficielle le 16 août 1966 d'après les données des navires marchands.

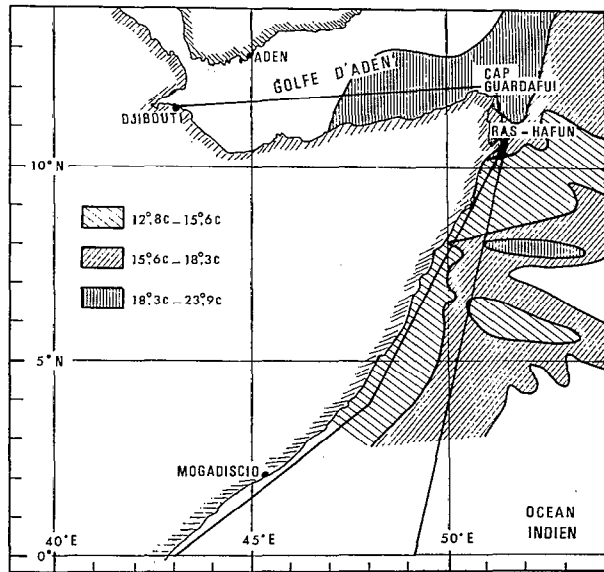


Fig. 6. — Température superficielle le 16 août 1966 d'après les photographies du satellite.

Conditions du 10 novembre 1966.

D'après les données des navires marchands (fig. 7), la saison fraîche est établie dans le Golfe d'Aden où la température superficielle est inférieure à 26 °C. Sur la côte orientale d'Afrique, la mousson de sud-ouest est terminée; celle de nord-est n'est pas commencée. Du Cap Guardafui à l'équateur, la température superficielle atteint alors 28 °C pendant tout le mois de novembre suivant une bande côtière s'élargissant vers le sud.

Sur les photographies du satellite (fig. 8), la température superficielle du Golfe d'Aden est supérieure à 26,7 °C (80 °F). La côte orientale d'Afrique est occupée par des bandes d'eau côtière de température supérieure à 26,7 °C séparées par de l'eau plus froide.

Il semble qu'il y ait un certain désaccord entre les données fournies par les navires marchands et celles fournies par le satellite. Le maximum de température superficielle est observé le long de la côte d'Afrique par les navires marchands et dans le

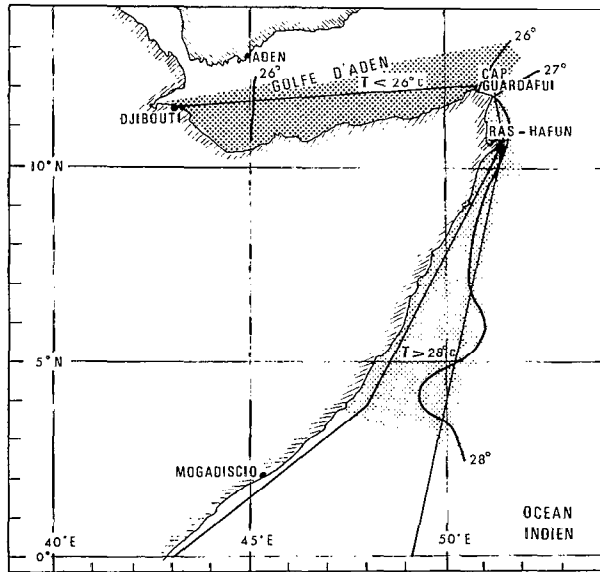


Fig. 7. — Température superficielle le 10 novembre 1966 d'après les données des navires marchands.

Golfe d'Aden par le satellite. De même le minimum de température superficielle est observé dans le Golfe d'Aden par les navires marchands et sur la côte d'Afrique par le satellite. Il n'y a guère d'explication à donner à ces divergences mais il convient de remarquer que les données des navires marchands sont proches des observations moyennes de la région.

En conclusion, les données de deux jours sur trois sont comparables. Cependant si celles des navires marchands sont entachées d'imprécision due à l'espacement des mesures, celles des satellites paraissent difficiles à interpréter. Enfin les satellites ne sont pas encore capables de donner des renseignements sur la salinité superficielle, obtenue aisément et avec une grande précision grâce aux navires marchands.

CONCLUSION.

Il semble donc que, malgré la mise en service de moyens très perfectionnés pour la mesure des conditions superficielles (bouées, automatiques, satellites artificiels), il y ait encore un grand intérêt à collecter systématiquement les données de surface des navires non spécialisés. Cependant il importerait de faire un effort sur l'instrumentation. La plupart des navires sont équipés d'un thermomètre à alcool parfaitement archaïque installé à l'arrivée de l'eau de refroidissement des moteurs. Le fonctionnement de ce thermomètre est rarement vérifié et son étalonnage est la plupart du temps inconnu. S'il

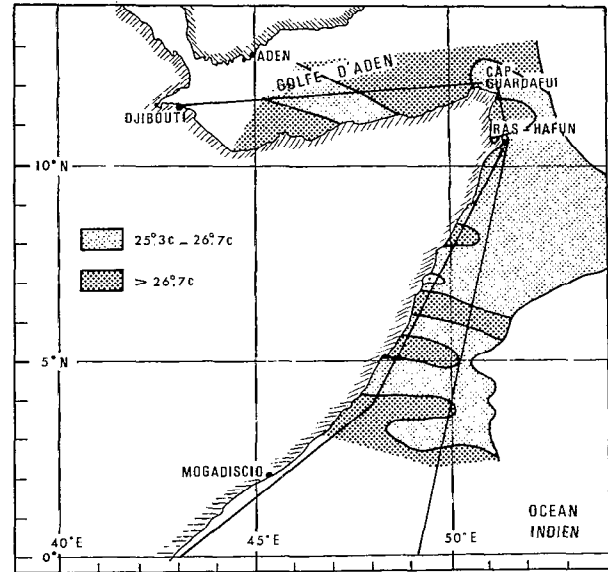


Fig. 8. — Température superficielle le 10 novembre 1966 d'après les photographies du satellite.

existe actuellement de nouveaux thermomètres plus fidèles et plus précis, l'appareil idéal est le thermographe. L'enregistrement continu de la température permet, en effet, d'avoir la position exacte des fronts thermiques et de mesurer leur gradient. La salinité est en général analysée au laboratoire. Si le prélèvement est bien fait, une grande précision peut être obtenue. Cependant un prélèvement défectueux est toujours possible, le maniement des caisses d'échantillons est pénible et ceux-ci peuvent être perdus ou brisés. Le salinographe de surface devrait pouvoir remplacer cet appareillage encombrant. De nombreux détails que la méthode actuelle ignore, seraient révélés : fronts halins, microstructure, lentilles d'eau douce etc. Un navire équipé d'un thermographe et d'un salinographe dispose instantanément de la température et de la salinité superficielle de l'eau de mer. Si de nombreux navires étaient ainsi équipés, la transmission radio de leurs résultats permettrait d'obtenir des cartes synoptiques de la température et de la salinité superficielle et des prévisions océaniques comparables aux prévisions météorologiques deviendraient possibles. Des mesures plus élaborées peuvent aussi être envisagées, sans nuire à la marche du navire : la technique du bathythermographe à tête perdue en est un exemple; pour un prix modique et un faible surcroît de travail de l'équipage, il serait alors possible d'obtenir des coupes thermiques verticales le long de la route du navire. Il reste enfin à déplorer la faible proportion des navires non spécialisés utilisés à des observations météorologiques et océanographiques.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 8 février 1972.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1955. — Surface Sampling in Tasman Sea 1953. *Oceanographical Station List*, n° 20. CSIRO Australia.
- ANONYME, 1956. — Surface Sampling in Tasman Sea 1954. *Oceanographical Station List*, n° 25. CSIRO Australia.
- ANONYME, 1957. — Surface Sampling in Tasman, Coral Sea and South Eastern part of Indian Ocean 1956. — *Oceanogr. Stat. List* n° 31. CSIRO Australia.
- ANONYME, 1959. — Surface Sampling in Tasman and Coral Sea 1957. *Oceanogr. Stat. List*, n° 36. CSIRO Australia.
- ANONYME, 1960. — Surface Sampling in Coral and Tasman Sea 1958. *Oceanogr. Stat. List*, n° 40. CSIRO Australia.
- ANONYME, 1962. — Surface Sampling in Coral and Tasman Sea 1960. *Oceanogr. Stat. List*, n° 50. CSIRO Australia.
- AUSTIN (T. S.), 1960. — Summary 1955-57 Ocean temperature central equatorial Pacific. *Reports, California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*, vol. VII : 52-55.
- BERRIT (G. R.), 1961. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. 1^{re} partie : Généralités. *Cah. Océanogr.*, vol. XIII n° 10 : 715-727. 2^e partie : Étude Régionale *Cah. Océanogr.*, vol. XIV n° 9, pp. 633-643 et vol. XIV : 719-729.
- DONGUY (J. R.), 1970. — Observations de surface le long des lignes de navigation dans la partie ouest de l'Océan Indien. *Cah. Océanogr.*, vol. XXII n° 4 : 353-365.
- LA VIOLETTE (P. E.), CHABOT (P. L.), 1968. — Nimbus II satellite sea surface temperature versus historical data in a selected region : a comparative study. *Deep Sea Res.*, vol. 15 n° 5 : 617-622.
- LEMASSON (L.), 1966. — Nature des eaux superficielles entre la Nouvelle Calédonie et l'Australie. *Cah. O.R.S.T.O.M. Océanogr.*, vol. IV n° 3 : 55-76.
- MATTHEWS (D. J.), 1926. — Reports of the Percy Sladen Trust Expedition to the Indian Ocean in 1905. *Physical Oceanography. Trans. of the Linnean Society of London.*, vol. XIX, contrib. VII : 129-205.
- MONTGOMERY (R. B.), HIRES (R. I.), 1970. — Navifacial temperature and salinity along track from Samoa to Hawaii 1957-1965 — 15^e General Assembly of the International Association for the Physical Sciences of the Ocean.
- WILKERSON (J. C.), 1967. — The Gulf Stream from space. *Oceanus*, vol. 13 n°s 2 et 3 : 2-8.