

PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE DANS LE CANAL DE MOZAMBIQUE*

ALAIN SOURNIA

*Laboratoire des pêches outre-mer, Muséum national d'histoire naturelle,
57, rue Cuvier, 75—Paris (5) France*

ABSTRACT

Available data on cell counts, chlorophyll concentration and photosynthetic uptake of 14 carbon in the Mozambique Channel are reviewed; a few unpublished results from R/V 'Anton Bruun' cruise No. 8 are also presented. Outside the Nosy-Be region (which has been extensively studied for some years), stations are widely scattered and particularly scarce during the southern summer. The main feature is the well-known contrast between productivity in neritic and in oceanic waters. The effects of hydrology and climatology on productivity, by means of several possibilities of nutrient enrichment, have not been studied yet; at Nosy-Be, the only place where the annual cycle was described, the initiating and the limiting factors of phytoplankton growth are still unexplained. The qualitative composition, as well as the quantitative importance of nanoplankton (less than 20μ size) offer also an open field for investigations. *In situ* primary production per unit of chlorophyll in surface waters amount, as a rough average, to 6 or 7 mg carbon assimilated per hour and per mg chlorophyll *a*.

INTRODUCTION

L'INFORMATION relative au phytoplancton ou à la productivité du Canal de Mozambique doit être recherchée dans deux catégories de travaux : résultats des grandes expéditions océanographiques (dans l'ordre chronologique : *Valdivia*, *Dana*, *Discovery II*, *Galathea*, *Vitiaz*, *Anton Bruun*, *Atlantis II*), et recherches effectuées à partir de laboratoires côtiers (du Nord au Sud : Zanzibar, Nosy-Bé, Inhaca, Tuléar, Durban). Les données ainsi obtenues peuvent elles-mêmes être réparties en trois groupes :

(1) Inventaire taxinomique : nous ne reviendrons pas ici sur cet aspect, traité par Sournia (1970) qui donne la liste des 345 espèces de Diatomées et des 189 espèces de Dinoflagellés signalés jusqu'à ce jour dans cette partie de l'océan Indien. Rappelons cependant que l'étude taxinomique du nanoplankton (principalement : Coccolithophorides et Flagellés nus) n'a pas encore été entreprise.

(2) Biomasse phytoplanctonique : cette voie n'a été ouverte que tardivement dans le Canal de Mozambique (Silva, 1960). Nous grouperons dans cette rubrique les dénombrements quantitatifs et les concentrations en pigments chlorophylliens, ceux-ci étant considérés comme une caractéristique remarquable de la biomasse.

(3) Production primaire : les premières recherches dans ce domaine sont elles aussi récentes (Stemann Nielsen and Aabye Jensen, 1957).

*Presented at the 'Symposium on Indian Ocean and Adjacent Seas—Their Origin, Science and Resources' held by the Marine Biological Association of India at Cochin from January 12 to 18, 1971.

Les limites assignées ici au Canal de Mozambique sont délibérément larges : Mombasa—côte occidentale de Madagascar—Durban ; elles servent à la commodité de l'exposé et ne prétendent refléter aucune unité hydrologique ou écologique.

BIOMASSE

Du Nord au Sud, la première localité à mentionner est Nosy-Bé (Madagascar), qui est aussi la mieux connue puisqu'étudiée pendant plusieurs années consécutives par plusieurs auteurs (Angot, 1964 a-b, 1966, 1969 ; Sournia, 1965, 1968a, 1968c ; Angot et Gérard, 1967). Le microplancton y est dominé quantitativement par les Diatomées ainsi que, sporadiquement, par la Cyanophycée *Oscillatoria (Trichodesmium) thiebautii* (Gom.) Geitler ; en outre, la contribution du nannoplancton est estimée, contradictoirement, essentielle (Sournia, 1965, 1968a) importante (Angot, 1966), mineure (Angot et Gérard, 1967) ou pratiquement négligeable (Angot, 1969). La composition qualitative et quantitative du phytoplancton ainsi que la teneur en chlorophylle obéissent à un cycle annuel, plus ou moins accidenté selon les stations, et lié à l'alternance d'une saison sèche (mousson du S.W.) et d'une saison humide (mousson du N.E.). Par ailleurs, les variations nycthémerales ont été étudiées en relation avec les facteurs du milieu par Sournia (1965, 1968a) et Angot et Gérard (1967).

A Tuléar, aux mois d'août et septembre des années 1962 (Travers et Travers, 1965) et 1964 (Sournia, 1968b), le microplancton était quantitativement pauvre mais très diversifié, et les nanno-Flagellés abondants. En juillet et août 1962 (Maestrini et Pizarro, 1966), en août et septembre 1962 (Travers, 1969) et en août et septembre 1964 (Sournia, 1968b), les concentrations moyennes en chlorophylle *a* en surface variaient de 0,20 à 0,40 mgm⁻³ selon les stations (valeurs plus élevées entre le récif et la côte qu'à l'extérieur du récif).

Près de Lourenço-Marques, à Inhaca, en septembre et octobre 1957, le phytoplancton s'est montré très abondant et dominé par les Diatomées (Silva, 1960), certaines espèces semblant en outre être affectées d'un cycle nycthémeral.

Une coupe traversant en juin 1961 le Canal de Mozambique à partir de Lourenço-Marques (Nel, 1968) montre que les nombres de cellules et les volumes après sédimentation décroissent de la côte vers l'océan, mais prennent des valeurs à nouveau élevées au Sud de Madagascar.

Une autre coupe, effectuée à partir de Durban en juin 1965, fait apparaître que la diversité du microplancton est plus élevée dans le courant des Aiguilles que de part et d'autre de ce courant (Thorrington-Smith, 1969).

Le matériel récolté au cours de la croisière de l'*Anton Bruun* de septembre à novembre 1964 (Sournia, inédit) révèle un contraste de type classique entre la richesse des eaux néritiques et la pauvreté des eaux océaniques (Fig. 1) : dans l'eau de surface, les Diatomées varient de 122000 cellules par litre à un nombre pratiquement nul ; la concentration en chlorophylle *a*, de 1,60 à 0,04 mg m⁻³. De la comparaison de ces deux séries de valeurs, on peut déduire que le nannoplancton représente une part importante de la biomasse (et dans les eaux du large, une part presque exclusive), bien que cette catégorie d'organismes n'ait pu être dénombrée, par suite d'une fixation inadéquate et d'une conservation trop prolongée des échantillons. Quant

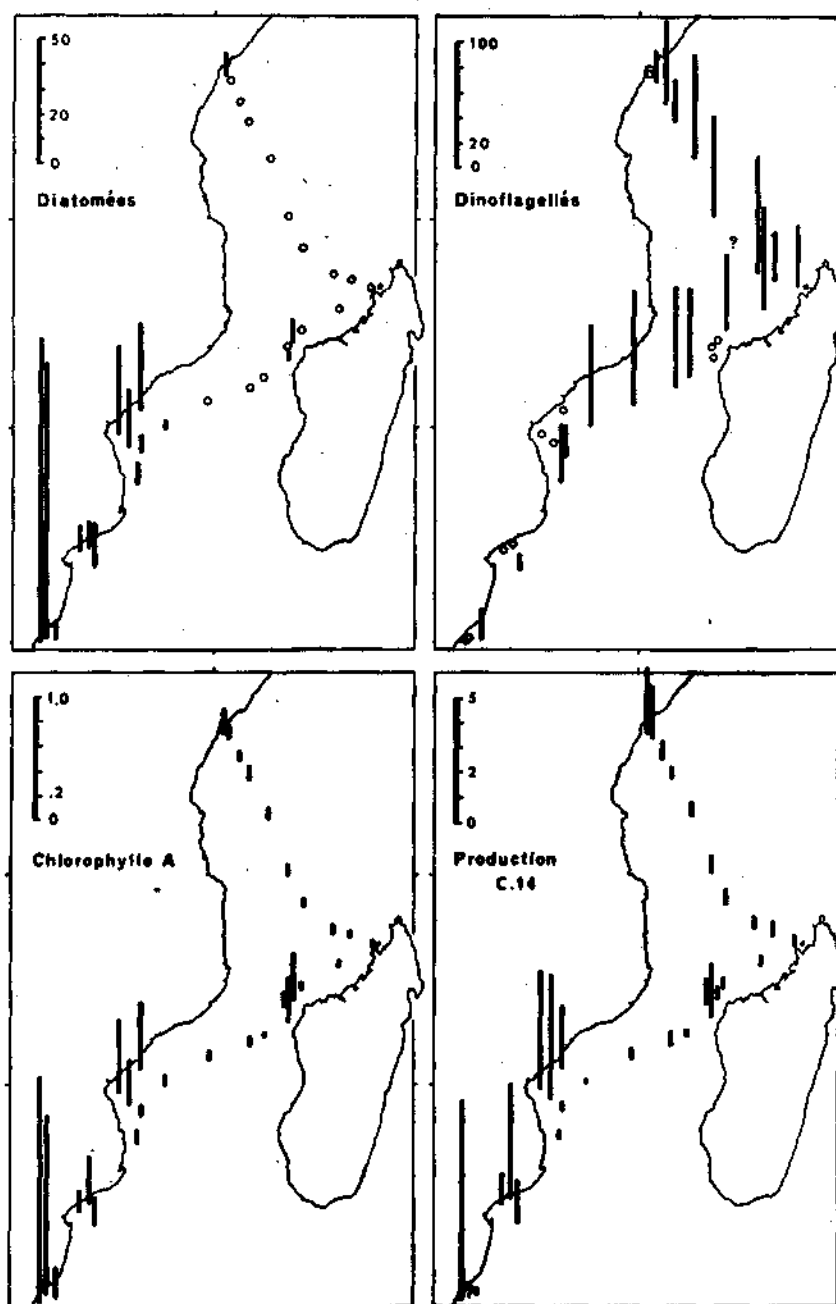


Fig. 1. Résultats de la croisière n°8 du 'R/V ANTON BRUUN' (septembre-novembre 1964). *Diatomées* : milliers de cellules par litre (comptage par la méthode d'Utermöhl); *Dinoflagellés* : nombre de cellules pour 100 cellules de Diatomées, dans les récoltes au filet en surface. *Chlorophylle 'a'* : mg m⁻³ en surface. *Production* : mg C m⁻² h⁻¹ en surface, 'in situ simulé'.

aux Dinoflagellés du microplancton, ils sont toujours en nombre négligeable mais deviennent relativement bien représentés dans les stations les plus oligotrophes.

Enfin l'*Atlantis II* a mesuré les concentrations en chlorophylle dans le Nord et dans le Sud du Canal, et ceci à deux périodes opposées : octobre-novembre 1963 (Laird *et al.*, 1964 ; Yentsch, 1965) et mai-juin 1965 (McGill and Lawson, 1966). Dans le Nord, les stations s'étendent entre le cap Delgado et Diego-Suarez, à des positions plus ou moins voisines d'une saison à l'autre ; les concentrations en pigment ('chlorophylle totale') sont comprises entre 0,05 et 0,29 mg m⁻³ en surface, sans variations saisonnières certaines. Dans le Sud, les stations de novembre 1963 s'échelonnent entre Lourenço-Marques et l'extrémité Sud de Madagascar et montrent des concentrations uniformément faibles (de 0,04 à 0,08 mg m⁻³ en surface) ; par contre, les 4 stations occupées en juin 1965, et dont les positions respectives sont très proches des 4 premières stations de la croisière précédente, c'est-à-dire au large de Lourenço-Marques, révèlent des teneurs considérablement plus fortes : de 0,14 à 0,81 mg m⁻³ ; les conditions hydrologiques susceptibles d'expliquer cette différence saisonnière ne sont malheureusement pas exposées.

PRODUCTION PRIMAIRE

Mises à part quelques mesures par la méthode de l'oxygène réalisées *in situ* par Sournia (1968a) à Nosy-Bé, toutes les recherches sur la production primaire dans le Canal de Mozambique reposent sur l'emploi du carbone 14. Est-il besoin de rappeler que la diversité des procédés d'application de cette méthode peut conduire à des résultats tout à fait divergents ? On sait en effet que des valeurs très différentes seront obtenues selon que l'exposition des échantillons est réalisée *in situ*, en incubateur ou en conditions ' *in situ simulé* ' . . . , selon l'heure des expériences et leur durée . . . , selon la technique de mesure des radio-activités . . . , etc. Aussi, à défaut d'une standardisation rigoureuse, il est le plus souvent hasardeux de comparer deux résultats, et plus hasardeux encore de dresser une carte de la production primaire comme a pu le faire Kabanova (1968) pour l'ensemble de l'océan Indien ; aussi hypothétique d'ailleurs est la carte présentée par Ryther *et al.* (1966) pour la moitié occidentale de cet océan, sur la base de mesures directement comparables (croisières de l'*Anton Bruun*) mais effectuées à diverses époques de l'année et selon un réseau géographique très irrégulier. Nous ne nous risquons donc pas dans cette voie, mais résumerons successivement les résultats acquis par les différents auteurs.

Comme dans le cas de la biomasse phytoplanctonique, la région la mieux étudiée est celle de Nosy-Bé (Angot, 1964a-b, 1967, 1969 ; Sournia, 1965, 1968a ; Angot et Gérard, 1967). Le cycle annuel, quelque peu variable dans ses détails selon les stations, est dans son ensemble sujet à l'influence des deux saisons sèche et humide. On peut retenir de l'ensemble des très nombreuses mesures disponibles dans les travaux cités ci-dessus que la production primaire, en surface et *in situ*, varie de quelques dixièmes de mg à quelques mg de carbone m⁻³ h⁻¹, en fonction des stations et de la saison.

Les mesures réalisées à Tuléar en juillet et août 1962 par Maestrini et Pizarro (1966) et en août et septembre 1964 par Sournia (1968b) sont du même ordre de grandeur, mais en moyenne plus faibles que celles obtenues à Nosy-Bé (du fait d'une moindre extension du plateau continental, les eaux oligotrophes sont plus proches de la côte à Tuléar qu'à Nosy-Bé).

Des données recueillies par Mitchell-Innes (1967) dans le Sud-Ouest de l'océan Indien, on retiendra ici 4 stations entre Lourenço-Marques et le Sud de Madagascar, stations de productivité relativement élevée pour des eaux du large : de 0,45 à 3,50 mg carbone $m^{-2} h^{-1}$ en surface, et de 188 à 565 mg C $m^{-2} jour^{-1}$ (méthode 'in situ simulé', juin 1961).

Burchall (1968a) a effectué 5 coupes parallèles dirigées NW—SE à partir de Durban ou ses environs, en juin 1965 : au total, 25 stations dont la plus océanique est à 120 milles de la côte. La production primaire, également mesurée par le procédé 'in situ simulé', varie de 17 à 942 mg C $m^{-2} j^{-1}$; elle est minimale dans l'axe du courant des Aiguilles, et élevée ou très élevée dans les eaux océaniques à l'Ouest ainsi que dans la bordure orientale du courant.

Le même auteur (Burchall, 1968b) donne les résultats de mesures réalisées entre 1961 et 1966 en deux stations situées à quelques milles de Durban sur des fonds de 90 et 180 mètres ; divers procédés d'incubation des échantillons ont été successivement employés au cours de cette étude. Les taux de production sont compris entre 32 et 2191 mg C $m^{-2} j^{-1}$, sans qu'apparaisse aucun caractère saisonnier ; l'incohérence des résultats peut tenir au manque de standardisation méthodologique, mais aussi à des modifications rapides des conditions hydrologiques.

Venons-en maintenant aux 'grandes expéditions' océanographiques : la première d'entre elles est celle de la *Galathea* qui a remonté le Canal de Mozambique en février-mars 1951 (Stemann Nielsen and Aabye Jensen, 1957). Une dizaine de stations peuvent être incluses dans ce cadre géographique et se répartissent comme suit : 3 stations en milieu néritique, en vue de Durban ou de Beira, à productivité élevée (430 à 730 mg C $m^{-2} j^{-1}$) ; d'autre part, 6 à 10 stations (selon les limites adoptées) en milieu océanique, à productivité faible ou modérée (110 à 240 mg).

Des investigations du navire soviétique *Vitiaz* on notera pour la région qui nous intéresse les données de la station 4678 près du cap Delgado en mars 1960 (éclairage naturel) : 2,65 mg C $m^{-2} j^{-1}$ en surface, et 72,25 mg C $m^{-2} j^{-1}$ (Kabanova, 1961).

Durant sa croisière dans le Canal de septembre à novembre 1964*, l'*Anton Bruun* a mesuré des productions comprises entre 230 et 3180 mg C $m^{-2} j^{-1}$ (Ryther et al., 1966 ; procédé 'in situ simulé') ; cependant, ces valeurs sont probablement erronées par excès, soit que la durée des expositions fût excessive (24 heures), soit qu'un vice technique entraînaît une surestimation de la production aux niveaux les plus profonds (voir résultats bruts in Anonyme, 1965). L'assimilation de carbone en surface est reportée sur la figure 1 (inédite) et varie de 0,2 à 8 mg $m^{-2} h^{-1}$, révélant essentiellement un contraste entre les domaines néritique et océanique.

Quelques remarques enfin sur le rapport 'production/chlorophylle', référence remarquable dans les mesures de productivité. Les valeurs moyennes, calculées d'après les diverses séries de données obtenues dans le Canal de Mozambique (tableau 1), sont relativement fortes : on peut retenir pour les mesures de surface in situ le chiffre de 6 ou 7 mg de carbone assimilé par heure et par mg de chlorophylle

* à laquelle j'ai pu personnellement prendre part, sur l'aimable invitation du Dr. J. H. Ryther, Directeur du programme biologique américain lors de l'I.I.O.E.

Tableau 1. Quelques valeurs moyennes du rapport 'production/chlorophylle'
 $\text{mg C (mg chlor. a)}^{-1} \text{ h}^{-1}$
 (sauf indication contraire : mesures de surface)

Tuléar et environs

- + Maestrini et Pizarro (1966) : plusieurs expositions de 6 ou 8 heures en juillet-août 1962 : éclairage artificiel constant (17000 lux)
 Moyennes pour deux stations voisines..... 6,9 et 4,2
- + Sournia (1968b) : Mesures *in situ* en août-septembre 1964
 Quelques expositions, entre 08.00 et 11.00 h locales..... 4,2
 Deux séries de mesures couvrant chacune un jour solaire par expositions successives de 3 heures..... 7,9 et 8,4

Baie du Centre océanographique de Nosy-Bé (Sournia, 1968a)

- + Mesures hebdomadaires pendant 12 mois, *in situ*, de 07.00 à 11.00 h locales
 Moyenne des valeurs..... 7,8
 Extrapolation sur la droite de régression..... 5,6
- + Plusieurs séries de mesures à diverses époques de l'année, couvrant chacune 1 ou 2 jours solaires par expositions successives *in situ* de 3 heures
 Moyenne des valeurs..... 7,1
 Extrapolation sur la droite de régression..... 6,3

Environs de Nosy-Bé (Angot, 1969)

- + Mesures mensuelles pendant 12 mois ; durée des expositions indéterminée ('vers midi') ; procédé 'in situ simulé' pour 5 niveaux photométriques
 100% de lumière (surface)..... 11,9
 70%..... 11,7
 40%..... 8,8
 20%..... 7,6
 10%..... 4,0

Croisière n°8 'R/V Anton Bruun', septembre-novembre 1964

(D'après les données brutes publiées in Anonyme, 1965)

- + Expositions de 4 heures sous éclairage artificiel constant (10000 lux)
 100% de lumière (surface)..... 4,7
 50%..... 5,0
 25%..... 5,0
 10%..... 5,3
 1%..... 2,7
- + Expositions de 24 heures 'in situ simulé' à partir des mêmes prélèvements (production probablement surestimée aux niveaux profonds)
 100%..... 6,9
 50%..... 7,0
 25%..... 5,2
 10%..... 3,7
 1%..... 3,3

[6]

a (pour plus ample discussion, voir Forsbergh, 1963 et Sournia, 1968a). De plus, ce rapport ne semble pas présenter de variations saisonnières, du moins dans le cas de la baie du Centre océanographique de Nosy-Bé (Sournia, *ibid.*), mais ses variations nyctémérales, dont l'importance est encore largement négligée, ont été clairement mises en évidence au cours de la croisière de l'*Anton Bruun* (Sournia, 1967).

CONCLUSIONS

La région de Nosy-Bé mise à part, les observations sur le phytoplancton et la productivité dans le Canal de Mozambique demeurent clairsemées dans l'espace et, en outre, irrégulièrement réparties dans le temps (observations plus nombreuses pendant l'hiver austral).

Un seul caractère général se dégage de l'ensemble des données : richesse des eaux néritiques par rapport aux eaux océaniques, et, dans les secteurs d'investigation plus restreints, richesse des eaux tout à fait littorales par rapport aux eaux plus éloignées de la côte . . . : résultat des plus classiques, et bilan bien médiocre, car l'hydrologie complexe du Canal de Mozambique laissait attendre des phénomènes biologiques plus subtils. Quelques lignes ici sur la circulation superficielle dans la région étudiée, d'après Ménaché (1961) Donguy et Piton (1969) et Soares (en préparation) :

Les eaux superficielles pénètrent essentiellement par le Nord dans le Canal (branche nord du courant sud-équatorial) et, avec moins d'extension, par le Sud (branche sud de ce courant). La circulation des eaux, pendant l'hiver austral du moins, est un complexe assemblage de mouvements cycloniques et anticycloniques (trois paires de tourbillons juxtaposés, en septembre-octobre 1962). Le "courant du Mozambique" n'est nullement uniforme ni défini, à l'encontre des schémas classiques : les eaux sud-équatoriales provenant du Nord peuvent, après ces diverses girations, soit rejoindre le courant des Aiguilles, soit remonter le long de la côte sud de Madagascar. Le régime estival, moins bien étudié, serait sensiblement différent.

De ces conditions résultent plusieurs possibilités—démonstrées ou probables—de remontées d'eau profonde, d'ampleur variable : 1-à proximité des côtes, selon le relief sous-marin (Lourenço-Marques) et les vents dominants (côte de Madagascar) ; 2-au centre des mouvements cycloniques ; 3-dans les zones de divergence.

Cette confrontation des données hydrologiques et planctologiques montre bien que les modalités d'action du renouvellement des eaux sur la productivité primaire restent entièrement ignorées dans le Canal de Mozambique.

Le cycle annuel n'a été étudié qu'en une localité (Nosy-Bé et environs), d'une manière plus descriptive que synthétique. En effet, si l'existence de deux saisons a pu être mise en évidence d'un point de vue tant qualitatif (composition taxinomique) que quantitatif (biomasse et production), cependant les mécanismes en cause restent totalement ignorés, puisqu'aucune donnée n'est disponible concernant les sels minéraux, les oligo-éléments et l'énergie lumineuse (Sournia, 1969). Seule l'étude de ces paramètres permettra, dans une nouvelle étape, de définir le mode ou les modes de fertilisation du milieu au cours de l'année (mouvements hydrologiques, apports continentaux, enrichissement direct par les eaux de pluie), et la nature du ou des facteurs limitants. D'un intérêt particulier sont dans cette région les 'blooms' à *Rhizosolenia alata*, *Guinardia flaccida* et *Chaetoceros* spp., ainsi que les 'eaux rouges' à *Oscillatoria* spp. (Sournia, 1968c), événements brutaux dont la dynamique est inconnue.

[7]

Quelques données intéressantes ont été acquises concernant les variations nycthémerales (Angot, 1967; Angot et Gérard, 1967; Sournia, 1968a-b), dont l'amplitude est du même ordre de grandeur que celle des variations saisonnières (Sournia, 1968a). Toutefois, les cycles nycthémeraux, encore très mal connus de façon générale, sont d'une interprétation plus difficile encore dans le cas des eaux côtières ici étudiées, du fait de l'influence des marées.

Rappelons encore une voie de recherches totalement vierge : la taxinomie et l'écologie du nannoplancton dans cette région.

Cette brève mise au point sur le phytoplancton et la productivité primaire dans le Canal de Mozambique pourrait se conclure, comme bien d'autres mises au point, par l'énoncé suivant : 'les connaissances acquises restent fragmentaires', ce qui signifie, dans le cas présent, que de nouvelles données doivent être recherchées avant que, de la description, l'on puisse seulement même envisager de passer à la compréhension des phénomènes.

RÉFÉRENCES

- ANONYME, 1965. Final cruise report, *Anton Bruun cruises 7, 8, 9*, vol. 2. International Indian Ocean Expedition. *Woods Hole Oceanographic Institution*.
- ANGOT, M. 1964a. Production primaire de la région de Nosy-Bé. Août à novembre 1963. *Cah. Off. Rech. scient. techn. Outre-Mer, Sér. Océanogr.*, 2(4) : 27-53.
- . 1964b. Phytoplancton et production primaire de la région de Nosy-Bé. Décembre 1963 à mars 1964. *Ibid.*, 2 (4) : 99-125.
- . 1966. Le phytoplancton de surface pendant l'année 1964 dans la baie d' Ambaro près de Nosy-Bé. *Ibid.*, 3 (4) : 5-18 (1965).
- . 1967. Rapports entre la concentration en chlorophylle *a*, le taux d' assimilation du carbone et la valeur de l'énergie lumineuse en eau tropicale littorale. *Ibid.*, 5 (1) : 39-45.
- . 1969. Variation de la production primaire aux environs de Nosy-Bé (Madagascar) en 1965. *Ibid.*, 6 (2) : 3-31 (1968).
- et GÉRARD, R. 1967. Hydrologie et phytoplancton de l'eau de surface en avril 1965 à Nosy-Bé. *Ibid.*, 4(1) : 95-136 (1966).
- BURCHALL, J. 1968a. Primary production studies in the Agulhas current region off Natal—June, 1965. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. (Durban)*, 20 : 1-16.
- . 1968b. An evaluation of primary productivity studies in the continental shelf region off the Agulhas current near Durban (1961-1966). *Ibid.*, 21 : 1-44.
- DONGUY, J. R. et PRION, B. 1969. Aperçu des conditions hydrologiques de la partie nord du Canal de Mozambique. *Cah. Off. Rech. scient. techn. Outre-Mer, Sér. Océanogr.*, 7 (2) : 3-26.
- FORSBERGH, E. D. 1963. Some relationships of meteorological, hydrographic, and biological variables in the gulf of Panama. *Bull. Inter-Am. trop. Tuna Commn.*, 7 (1) : 1-109.
- KABANOVA, JU. G. 1961. 'Primary production and nutrient salts content in the water of the Indian ocean' (en Russe). *Okeanol. Issled.*, 4 : 72-75, ou : *Coll. Reprints I.I.O.E., Unesco*, 2 (95) : 196-199.
- KABANOVA, YU. G. 1968. 'Primary production in the northern Indian ocean' (en Russe). *Okeanologija*, 8 (2) : 270-278 + cartes h.—texte.
- LAIRD, J., BREIVOGEL, B. B. and YENTSCH, C. S. 1964. The distribution of chlorophyll in the western Indian ocean during the southwest monsoon period, July 30—November 12, 1963. *Unpubl. Manuscr. Woods Hole Oceanographic Institution*, Ref. 64-33 : 52p.

- MAESTRINI, S. et PIZARRO, M. J. 1966. Contribution à l'étude de l'hydrologie et de la productivité primaire des eaux côtières de la région de Tuléar. *Annls Univ. Madagascar, Sér. Sci. nat. math.*, 4 : 17-34.
- MCGILL, D. A. and LAWSON, T. J. 1966. The distribution of chlorophyll in the western Indian ocean during the northeast monsoon period, February 13—July 16, 1965. *Unpubl. Manuscr. Woods Hole Oceanographic Institution, Ref. 66-12* : 69 p.
- MÉNACHÉ, M. 1961. Découverte d'un phénomène de remontée d'eaux profondes au Sud du Canal de Mozambique. *Méms Inst. scient. Madagascar, Sér. F*, 4 : 167-173.
- MITCHELL-INNES, B. A. 1967. Primary production studies in the south-west Indian ocean, 1961-1963. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. (Durban)*, 14 : 1-20.
- NEL, E. A. 1968. The microplankton of the south-west Indian ocean. *Invest. Rep. Div. Sea Fish. (Capetown)*, 62 (2 vol.) : 106 p. + tables.
- RYTHER, J. H., HALL, J. R., PEASE, A. K., BAKUN, A. and JONES, M. M. 1966. Primary organic production in relation to the chemistry and hydrography of the western Indian ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 11 (3) : 371-380.
- SILVA, E. S. 1960. O microplâncton de superfície nos meses de Setembro e Outubro na estação de Inhaca (Moçambique). *Trabhs Centro Biol. pisc. Lisboa*, 28 : 7-56, pl. 1-23 + tables, ou : *Mems Jta Invest. Ultramar, Ser. 2*, 18.
- SOARES, G. (en préparation). Hydrologie et circulation dans le Canal de Mozambique.
- SOURNIA, A. 1965. Phytoplancton et productivité primaire dans une baie de Nossi-Bé (Madagascar). *C.r. heb. Séanc. Acad. Sci., Paris, Groupe 11*, 261 (11) : 2245-2248.
- . 1967. Rythme nycthémeral du rapport 'intensité photosynthétique/chlorophylle' dans le plancton marin. *Ibid.*, 265 (14) : 1000-1003.
- . 1968a. Variations saisonnières et nycthémerales du phytoplancton marin et de la production primaire dans une baie tropicale, à Nosy-Bé (Madagascar). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 53 (1) : 1-76.
- . 1968b. Quelques nouvelles données sur le phytoplancton marin et la production primaire à Tuléar (Madagascar). *Hydrobiologia*, 31 (3-4) : 545-560.
- . 1968c. La Cyanophycée *Oscillatoria* (= *Trichodesmium*) dans le plancton marin : taxinomie, et observations dans le Canal de Mozambique. *Nova Hedwigia*, 15 (1) : 1-12, pl. 1-2.
- . 1969. Cycle annuel du phytoplancton et de la production primaire dans les mers tropicales. *Mar. Biol.*, 3 (4) : 287-303.
- . 1970. A checklist of planktonic diatoms and dinoflagellates from the Mozambique Channel. *Bull. mar. Sci.*, 20 (3) : 678-696.
- STEMMANN-NIELSEN, E. and AABYR JENSEN, E. 1957. Primary oceanic production. The autotrophic production of organic matter in the oceans. *Galathea Rep.*, 1 : 49-136.
- THORINGTON-SMITH, M. 1969. Phytoplankton studies in the Agulhas current region off the Natal coast. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. (Durban)*, 23 : 1-24.
- TRAVERS, M. 1969. Contribution à l'étude du phytoplancton et des Tintinnides de la région de Tuléar (Madagascar). *Recl. Trav. Stn mar. Endoume, Fasc. h.-Sér., Suppl. 9* : 49-57.
- TRAVERS, A. et TRAVERS, M. 1965. Introduction à l'étude du phytoplancton et des Tintinnides de la région de Tuléar (Madagascar). *Annls Malgaches, Sci.*, 2 : 125-161, ou : *Recl Trav. Stn mar. Endoume, Fasc. h.-Sér., Suppl. 4*.
- YENTSCH, C. S. 1965. Distribution of chlorophyll and phaeophytin in the open ocean. *Deep-Sea Res.*, 12 (5) : 653-666.