

LES CONDITIONS FAVORABLES 'A LA PRÉSENCE DE THONS DE SURFACE DANS LES PARAGES DE MADAGASCAR

par

B. PITON* et Y. MAGNIER*

ABSTRACT

In the oceanic area around Madagascar, the main sea surface enrichments with nutrients and the other oceanic features and processes encountered as usual determinants of tuna distribution have been located through the investigations carried on at the ORSTOM Center of Nosy-Bé, since 1967, with the O.V. "VAUBAN".

INTRODUCTION

Les principes de base qui guident les études océanologiques sur l'environnement du thon sont classiquement les suivants :

1) Le phénomène déterminant le point de départ de toute production pélagique est toujours une remontée, depuis les couches inférieures jusque dans la couche euphotique, de sels minéraux indispensables au métabolisme du phytoplancton, premier niveau trophique. Ces phénomènes d'enrichissement en sels nutritifs ne se produisent que lors de la conjonction de certaines circonstances favorables liées à la topographie des bassins et des côtes, à la circulation planétaire des courants océaniques et aux conditions météorologiques. Les mesures physico-chimiques classiques permettent de localiser à coup sûr ces régions d'enrichissement.

2) Malheureusement les phénomènes conduisant à une intense production primaire ne sont que le premier maillon d'une chaîne alimentaire complexe qui mène, par une succession de rapports de prédation, aux espèces exploitables.

* Océanographes physiiciens au Centre ORSTOM, B.P. 68, Nosy-Bé, Madagascar.

Il s'ensuit que la pêche n'est généralement pas la plus fructueuse sur les lieux mêmes d'enrichissement primaire, mais dans leurs parages plus ou moins immédiats, sous la dépendance d'autres facteurs dont l'influence est plus difficilement reliée à l'abondance des poissons effectivement rencontrée. Néanmoins, là encore, certains critères physico-chimiques peuvent être considérés comme plus ou moins favorables. Ils ont été passés en revue, pour ce qui concerne les thons, par BLACKBURN (1965) et sont principalement : les rencontres de courants, les convergences, les fronts, certaines structures thermiques, la présence de bancs et d'îles, etc...

L'actuelle pêche de thons de surface, entreprise par les navires de la COMANIP*, se développe dans des régions océaniques ayant fait l'objet d'études du Centre ORSTOM de Nosy-Bé depuis 1967. L'ensemble des données recueillies permet, d'après les principes résumés ci-dessus, de localiser les indices physico-chimiques les plus favorables à la présence de stocks importants de thonidés de surface, dans les parages suivants :

- la région comprise entre les Comores, les Seychelles et la pointe nord de Madagascar ;
- les parties nord et sud-est du canal de Mozambique.

I — LE TRIANGLE COMORES-SEYCHELLES-MADAGASCAR

De part et d'autre de la fosse des Amirantes qui fait communiquer le bassin de Somalie et celui des Mascareignes, se trouvent plusieurs groupes d'îles et de hauts-fonds : au nord-est, le groupe des Amirantes et des Seychelles, au sud-ouest, les groupes Farquhar-Providence, Cosmolédo-Aldabra et, au sud de ce dernier groupe, les bancs du Geyser et du Leven. Ces îles et ces bancs parsèment le système de courants constitué par le courant sud-équatorial induit par les alizés du sud-est et le contre-courant équatorial (fig. 1). Ces courants existent toute l'année (CITEAU et al., 1973), mais leur ligne de démarcation, qui est une zone de divergence, varie en latitude : elle a été trouvée à 6-7°S en décembre (MAGNIER et PITON, 1973 et PITON et MAGNIER, 1975, c'est-à-dire peu de temps après la saison des alizés forts et de la mousson de sud-ouest (hiver austral) ; par contre, en avril 1972, à la fin de la saison des alizés faibles et de la mousson de nord-est, le courant sud-équatorial ne s'étend que jusqu'à 9-10°S et la circulation est faible et variable entre cette latitude et 6-7°S (PITON et MAGNIER, 1975). La séparation entre le contre-courant équatorial et le courant nord-équatorial induit par la mousson de nord-est a été trouvée à 2-3°S en décembre 1970 (MAGNIER et PITON, 1973) ; c'est une zone de convergence qui n'existe pas en hiver austral (mousson de sud-ouest).

* La COMANIP, société nippo-malgache, est actuellement la seule société de pêche industrielle à Madagascar, basant son activité sur la pêche des thons de surface.

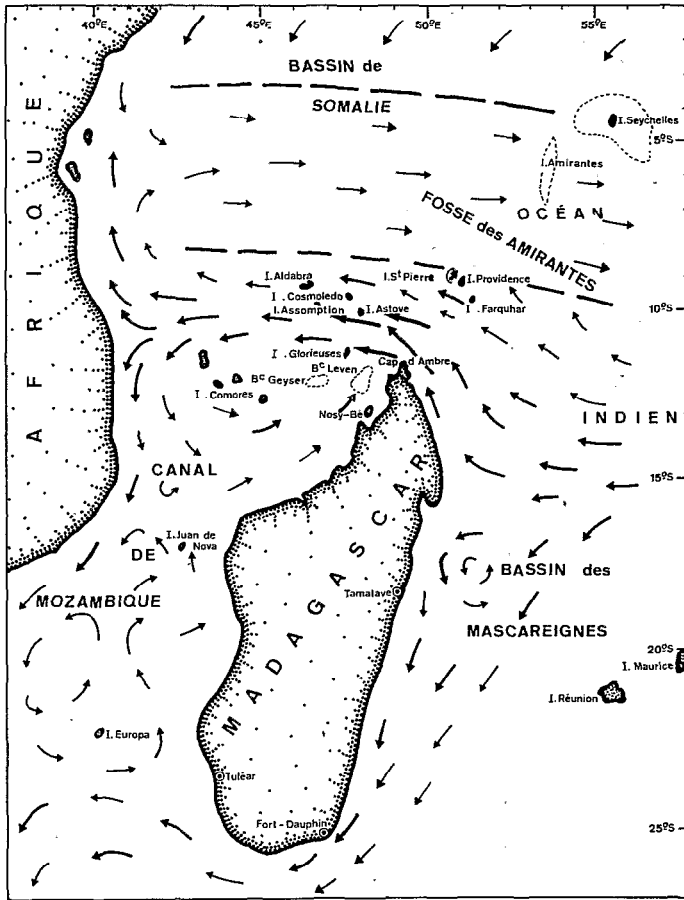


Fig. 1 — Géographie des parages océaniques de Madagascar et schéma des courants généraux. En tireté, limites du contre-courant équatorial en été austral.

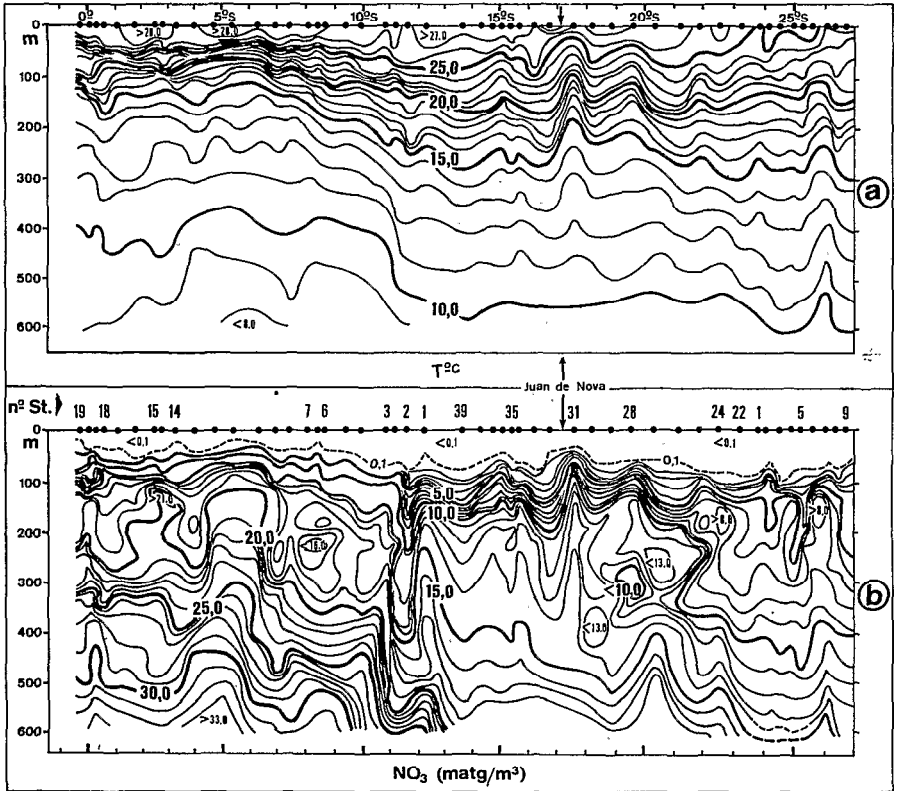


Fig. 2 — Distribution verticale de la température (a) et du nitrate (b) de 27°S à l'équateur dans le canal de Mozambique et l'ouest de l'Océan Indien.

a) *La divergence sud-équatoriale*

Cette divergence (creux dynamique) correspond à une remontée des isothermes (fig. 2a). Cependant, en été austral, l'équateur thermique est situé à la même latitude d'après l'atlas de WYRTKI (1971) : les gradients verticaux de température y sont grands, supérieurs à ceux trouvés plus au nord et au sud (fig. 3) ; la couche homogène n'a parfois que 25 mètres d'épaisseur contre une centaine de mètres dans la zone de convergence par exemple. Dans l'ouest de l'Océan Indien, la "barrière hydrologique" qui sépare les eaux méridionales vraiment océaniques des eaux septentrionales dominées par les influences continentales (présentant en particulier de fortes teneurs en nitrate et en phosphate) se situe vers 10-12°S ; cette zone de divergence reste donc en permanence au nord de cette barrière.

On observe donc dans cette zone des teneurs élevées en sels nutritifs près de la surface dans la couche euphotique (fig. 2b), situation en principe favorable

à une forte productivité. Divers auteurs (RYTHER et al., 1966 ; MAC GILL et LAWSON, 1966 ; KABANOVA, 1968) ont effectivement signalé quelques stations à grande productivité (mesurée par la technique du C14) ou à grande concentration en chlorophylle *a* dans cette région. CUSHING (1971) retient qu'elle est "l'une des plus productives de l'Océan Indien" et cite comme confirmation de cette opinion que presque toutes les îles situées entre 9°S et 11°S sont des îles à guano, ce qui est le signe de la proximité d'un upwelling.

Toutefois les observations du "VAUBAN" n'ont pas clairement démontré que cette région soit très productive en permanence. En effet, aucune des missions effectuées dans la période de novembre à fin avril n'a montré, dans la couche de 0 à 150 mètres, de concentration de chlorophylle ni de zooplancton prouvant un enrichissement appréciable par rapport aux autres latitudes (PITON et MAGNIER, 1975).

La mission "GLORIEUSES" effectuée en mai 1973 a, par contre, fait apparaître (POULAIN et al., 1973) qu'à cette époque de renforcement des alizés, le courant fort (jusqu'à 3 nœuds) provoque dans le voisinage des îles du groupe Aldabra-Cosmolédo un enrichissement important en nitrate et en poids sec de zooplancton dans la couche des 100 premiers mètres, mais seulement un léger enrichissement de l'eau de surface en nitrate (0,4 matg/m³). Un upwelling ainsi placé dans le sillage d'un groupe d'îles a les meilleures chances de provoquer, au bout du temps nécessaire à l'accomplissement de la chaîne alimentaire, une production intéressante de poissons exploitables, car il se crée dans ces conditions de circulation un système de tourbillons semi-permanents analogues à ceux étudiés par SETTE (1955) dans le voisinage des îles Hawaii, où il avait été constaté d'abondantes pêches de thons de surface sur le bord ouest des tourbillons cycloniques. Il est probable que les alentours des îles du groupe Farquhar-Providence, situées à peu près à la même latitude, mais plus à l'est (fig. 1), présentent les mêmes potentialités que celles du groupe Aldabra-Cosmolédo. On peut voir une confirmation de cette hypothèse dans la mise en évidence (fig. 4), lors de la campagne "PROVIDENCE" en janvier 1973, à l'aide de mesures directes au G.E.K., d'un vortex cyclonique sous le courant de l'île Providence, centré sur Saint-Pierre, qui a été l'une des principales îles à guano de la région.

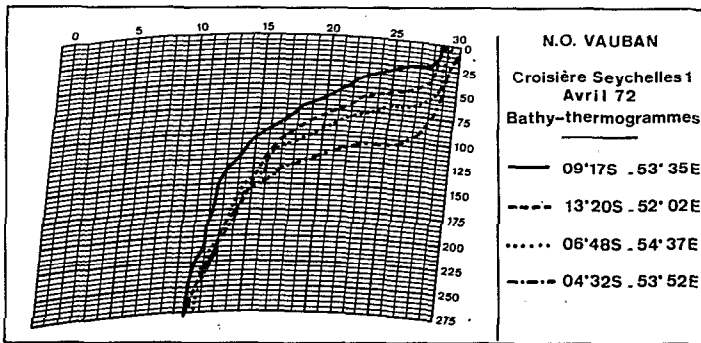


Fig. 3 — Types de profils bathythermiques obtenus lors de la campagne SEYCHELLES 1 en avril 1972.

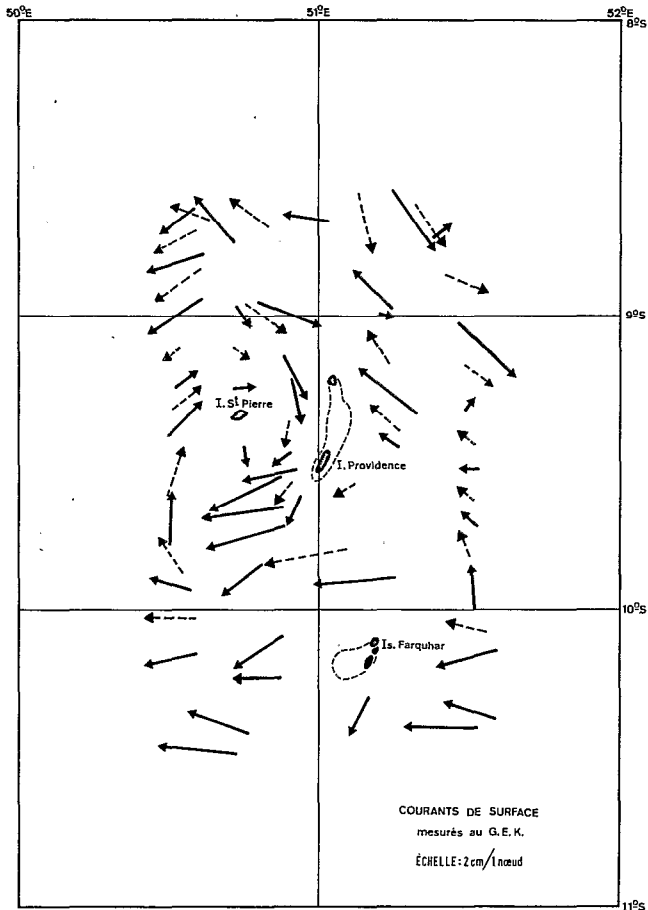


Fig. 4 — Courants de surface mesurés au G.E.K. autour des îles du groupe Providence lors de la campagne PROVIDENCE en janvier 1973. En tireté, courant interpolé entre deux mesures consécutives.

b) Les parages des îles Comores

Ces îles sont situées dans une zone de convergence décrite par STEQUERT et POULAIN (1973) et POULAIN et al. (1973), et caractérisée par une grande pauvreté de la couche euphotique en sels nutritifs et en zooplancton. Cependant, des mesures récentes (juillet et novembre 1973, mars 1974) ont montré que dans l'ouest de la Grande Comore, il y a enrichissement superficiel en nitrate (teneurs observées de l'ordre de 1 matg/m³), vraisemblablement lié à une circulation tourbillonnaire cyclonique sous le courant de l'île.

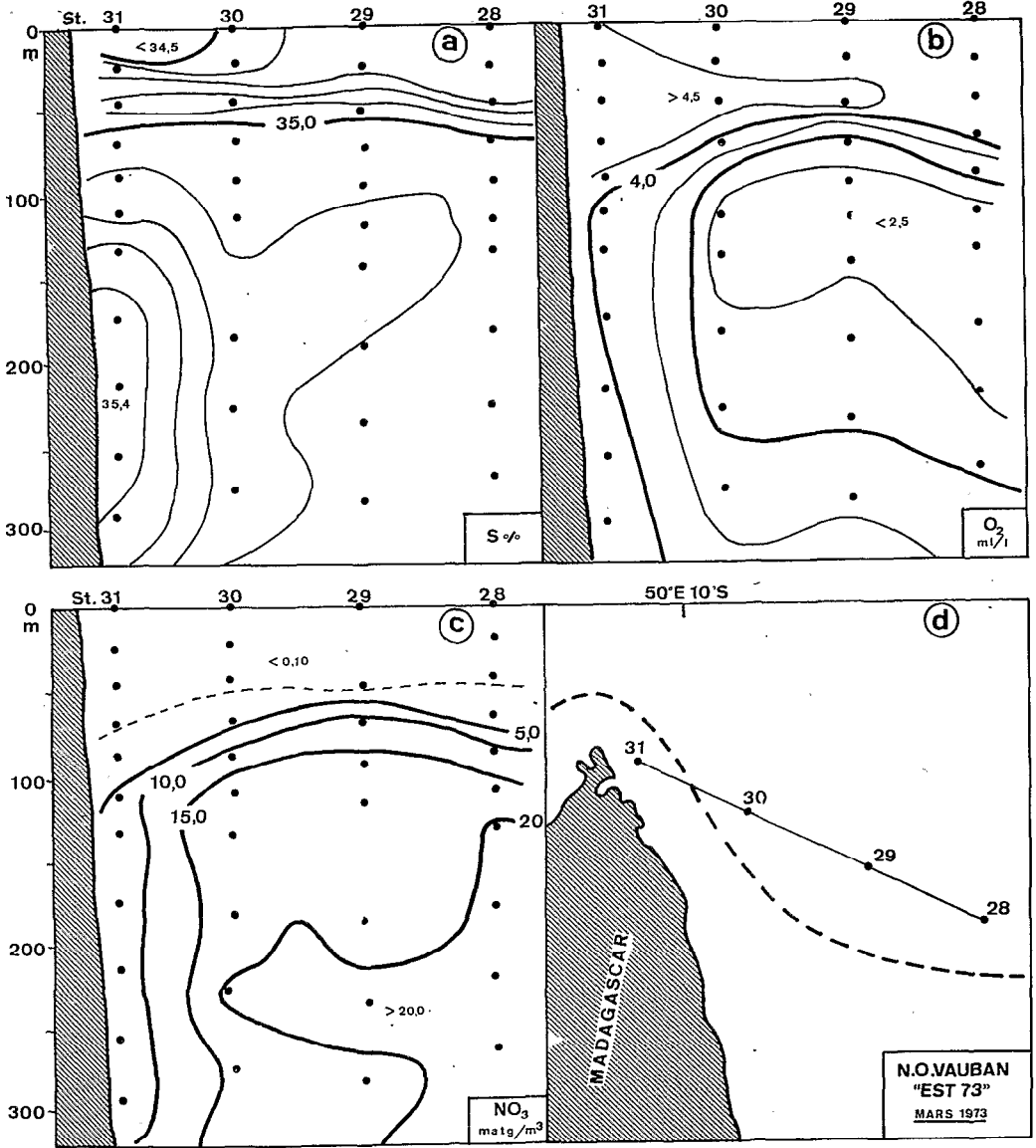


Fig. 5 — Distribution verticale de la salinité (a), de l'oxygène dissous (b) et du nitrate (c) à l'est du cap d'Ambre observée lors de la campagne EST-73 en mars 1973.

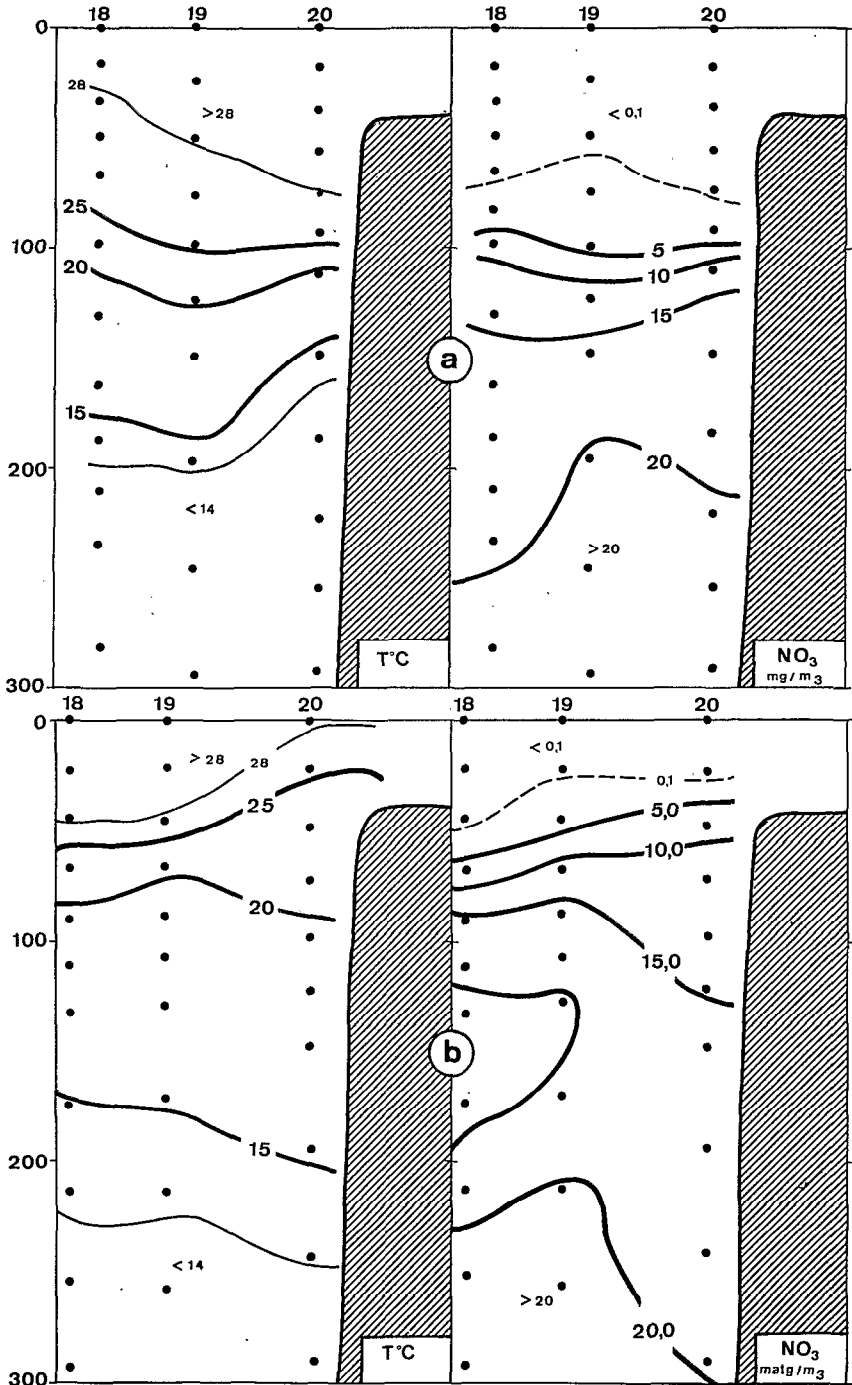


Fig. 6 — Distribution verticale de la température et du nitrate observée lors des Campagnes SEYCHELLES 1 en avril 1972 (a) et SEYCHELLES 2 en décembre 1972 (b), sur le bord ouest du plateau des Seychelles.

c) L'extrême nord de Madagascar

Les études entreprises dans le voisinage du cap d'Ambre ont fait ressortir des conditions hydrologiques contrastées et fluctuantes (CITEAU et al., 1973). C'est un lieu de rencontre de masses d'eau différentes, cheminant par veines et se mélangeant partiellement sous l'effet de courants forts et d'impulsions à large spectre de fréquences y compris celles des ondes de marée. Schématiquement, le front physico-chimique à 10° - 12° , typique de l'Océan Indien est bousculé par le flux d'eau de l'est de Madagascar (POULAIN et al., 1974). On observe donc un front physico-chimique parallèle à la côte et proche de celle-ci (fig. 5). De plus, à l'accumulation d'eau du courant sud-équatorial le long de la côte, qui est à l'origine du courant superficiel fort, doit correspondre un apport de matières organiques.

d) Le groupe Amirantes-Seychelles

Le "VAUBAN" a effectué deux campagnes dans ces parages, l'une en avril 1972, l'autre en décembre de la même année. En avril, cette région est située dans la zone de convergence entre le contre-courant équatorial et le courant nord-équatorial induit par la mousson de nord-est (fig. 1). En décembre au contraire, elle se trouve sur le bord de la divergence entre le courant sud-équatorial et le contre-courant équatorial. Il en résulte une différence saisonnière dans l'épaisseur de la couche homogène : une centaine de mètres en avril, une trentaine en décembre (fig. 6). De plus, les courants sont assez forts (jusqu'à 2 nœuds) au voisinage des accores et peuvent produire des remontées d'eau ou des brassages verticaux amenant une atténuation de la thermocline et un enrichissement en nitrate, comme le montre la figure 6. Une troisième campagne est prévue en mai 1974 qui comprendra des observations tout autour du plateau des Seychelles.

II — LES PARTIES NORD ET SUD-EST DU CANAL DE MOZAMBIQUE

a) La côte nord-ouest de Madagascar

La circulation dans le nord du canal de Mozambique a été décrite par DONGUY et PITON (1969) : la circulation anti-cyclonique autour des Comores, entraîne un courant général longeant la côte nord-ouest de Madagascar du sud vers le nord ; ceci est théoriquement favorable à des remontées d'eau le long du talus. C'est en effet ce qui a été observé plusieurs fois par le "VAUBAN", mais ces remontées sont assez brèves et ne semblent pas liées à des vents particuliers. En fait, des mesures récentes de courant de surface au G.E.K. ont montré que les courants sont faibles et variables en direction. Cependant, en avril 1970 par exemple, il a été observé (fig. 7) un léger enrichissement de l'eau superficielle en nitrate ($0,30 \text{ matg/m}^3$) ; il lui correspondait des teneurs en

chlorophylle *a* élevées, supérieures à 2 mg/m³. On peut aussi penser que la présence, le long de cette côte, de nombreuses baies qui reçoivent d'importants apports terrigènes et sont en été le siège d'enrichissement en sels nutritifs par circulation de type estuaire (PITON et MAGNIER, 1971), peut augmenter la quantité de nourriture sur les accores. On peut enfin remarquer que la température ne descend jamais en-dessous de 25°C, comme dans les régions adjacentes (WYRTKI, 1971).

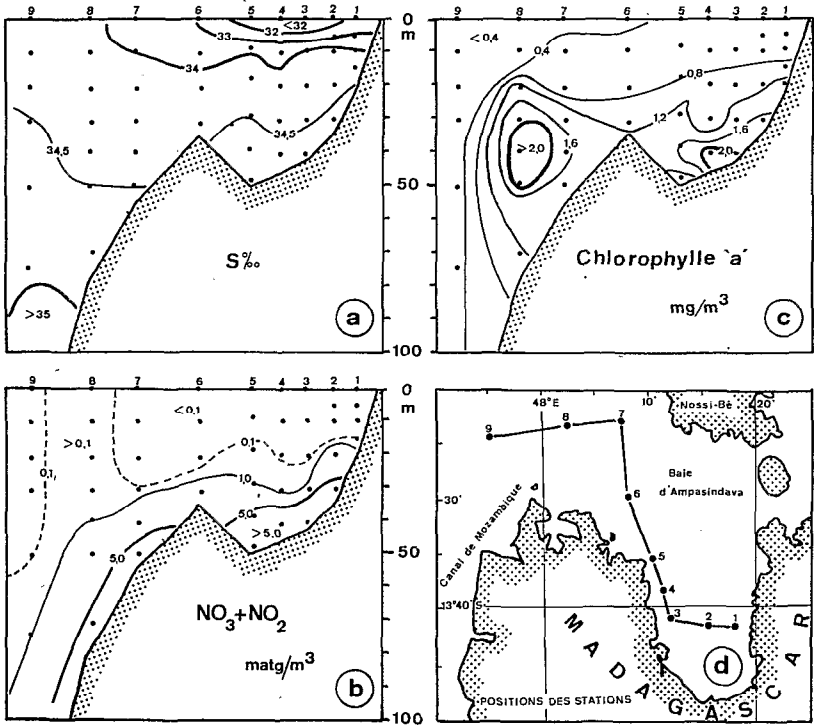


Fig. 7 — Distribution verticale de la salinité (a), du nitrate + nitrite (b) et de la chlorophylle *a* observée en avril 1970 en baie d'Ampasindava et sur le plateau et talus continentaux (côte nord-ouest de Madagascar).

b) Le centre du canal Mozambique

D'après les cartes de courants, on a schématisé dans cette région deux courants opposés faisant partie des deux cellules anti-cycloniques occupant l'une le nord du canal de Mozambique, l'autre le sud. En fait, les courants de surface semblent y être variables en direction et mal connus. Par exemple, le "VAUBAN" a effectué, par 5 fois, des observations dans les parages de l'île

Juan de Nova. Le courant a été trouvé portant au nord/nord-est, et faible, en juillet 1973 (fig. 8) à partir de mesures au G.E.K. Mais, antérieurement, les déterminations géostrophiques et d'estime avaient montré : en novembre 1970, un courant de 2 nœuds dans le sud-ouest au sud de Juan de Nova, et dans le sud-est au nord de cette île ; en juillet 1971, un courant de 2 nœuds portant au sud, et en novembre 1971, un courant venant du nord et se divisant en deux branches nord et sud devant le plateau continental malgache.

C'est ce dernier schéma qui a été retrouvé en novembre 1973 et en mars 1974 par des mesures au G.E.K., où il a été mesuré des vitesses maximales de 4 nœuds.

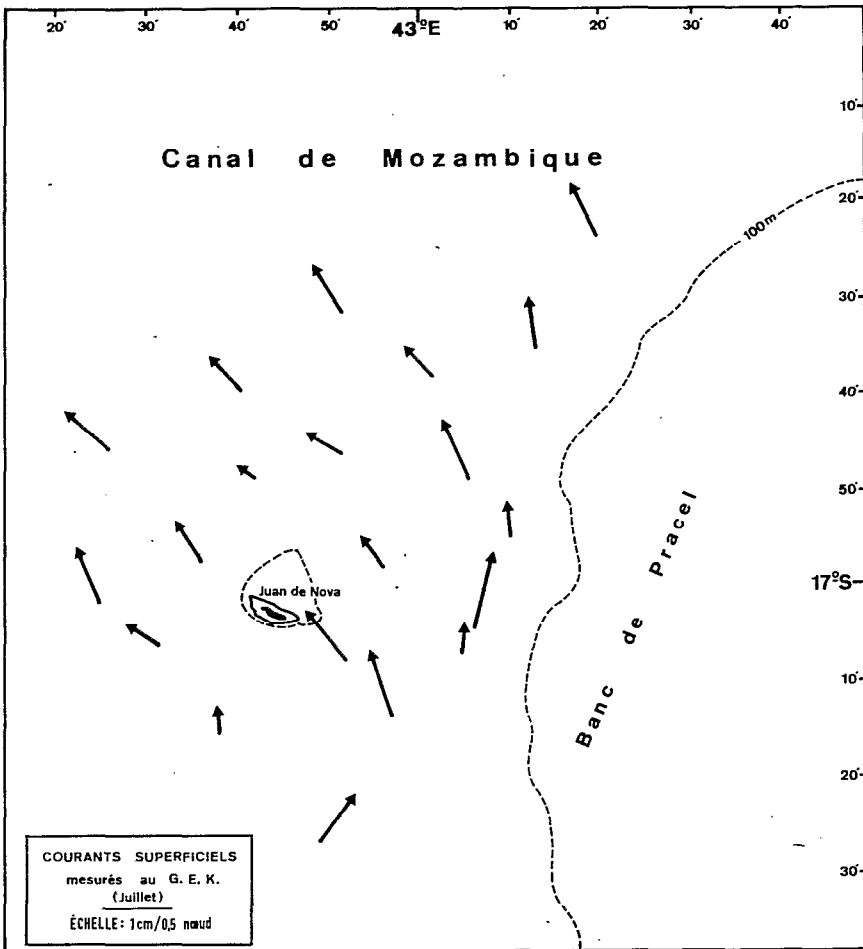


Fig. 8 — Courants de surface mesurés au G.E.K. dans les parages de Juan de Nova, lors de la campagne JUAN DE NOVA III en juillet 1973.

On a donc des situations variables*, favorables à des brassages d'eau. Par deux fois, il a été trouvé dans cette zone des indices de remontée d'eaux profondes : en novembre 1970, refroidissement de 2°C de l'eau de surface, au sud de Juan de Nova, associé à une remontée des isoplèthes de nitrate et à un important enrichissement en chlorophylle *a* (MAGNIER et PITON, 1973), et en novembre 1971, observation d'une grande accumulation de cyanophycées en surface dans le nord de Juan de Nova.

A la même latitude moyenne, mais au large de la côte africaine, il a été mis en évidence, en mars 1974, un front thermique (chute de 3°C en 2 milles) et un enrichissement en nitrate (0,3 matg/m³) de l'eau de surface et en chlorophylle *a* de la couche euphotique.

c) Le sud du canal de Mozambique

MENACHE (1961) a mis en évidence une remontée d'eau profonde dans le sud du canal de Mozambique, vers 25°S et 40°E, placée entre la circulation est-ouest au sud de 25°S et ouest-est au nord de 25°S (fig. 9). MAGNIER et PITON (1973) ont décrit un même type de circulation à peu près à la même latitude. Ils ont aussi signalé un front physico-chimique vers 23°S. Ce sont des conditions favorables à la présence de thons et des observations supplémentaires seraient nécessaires pour mieux situer ces phénomènes. Enfin, dans l'extrême-sud-est de Madagascar, le courant général longe la côte vers le sud, puis porte vers l'ouest (fig. 9). Très peu d'observations océanographiques ont été effectuées dans ce secteur. La zone qui s'étend devant Fort-Dauphin est favorable à la présence d'upwelling, d'après les indices recueillis par le "VAUBAN" en mars 1973, où il a été observé une remontée d'eaux profondes (fig. 10) qui n'atteignait cependant pas l'eau de surface.

* On peut se demander si le terme «île flottante» appliqué à cette île par les marin d'après MALICK (comm. person.) ne provient pas du fait de la difficulté pour eux de faire une bonne estime dans une région où les courants sont si variables.

à une forte productivité. Divers auteurs (RYTHER et al., 1966 ; MAC GILL et LAWSON, 1966 ; KABANOVA, 1968) ont effectivement signalé quelques stations à grande productivité (mesurée par la technique du C14) ou à grande concentration en chlorophylle *a* dans cette région. CUSHING (1971) retient qu'elle est "l'une des plus productives de l'Océan Indien" et cite comme confirmation de cette opinion que presque toutes les îles situées entre 9°S et 11°S sont des îles à guano, ce qui est le signe de la proximité d'un upwelling.

Toutefois les observations du "VAUBAN" n'ont pas clairement démontré que cette région soit très productive en permanence. En effet, aucune des missions effectuées dans la période de novembre à fin avril n'a montré, dans la couche de 0 à 150 mètres, de concentration de chlorophylle ni de zooplancton prouvant un enrichissement appréciable par rapport aux autres latitudes (PITON et MAGNIER, 1975).

La mission "GLORIEUSES" effectuée en mai 1973 a, par contre, fait apparaître (POULAIN et al., 1973) qu'à cette époque de renforcement des alizés, le courant fort (jusqu'à 3 nœuds) provoque dans le voisinage des îles du groupe Aldabra-Cosmolédo un enrichissement important en nitrate et en poids sec de zooplancton dans la couche des 100 premiers mètres, mais seulement un léger enrichissement de l'eau de surface en nitrate (0,4 matg/m³). Un upwelling ainsi placé dans le sillage d'un groupe d'îles a les meilleures chances de provoquer, au bout du temps nécessaire à l'accomplissement de la chaîne alimentaire, une production intéressante de poissons exploitables, car il se crée dans ces conditions de circulation un système de tourbillons semi-permanents analogues à ceux étudiés par SETTE (1955) dans le voisinage des îles Hawaii, où il avait été constaté d'abondantes pêches de thons de surface sur le bord ouest des tourbillons cycloniques. Il est probable que les alentours des îles du groupe Farquhar-Providence, situées à peu près à la même latitude, mais plus à l'est (fig. 1), présentent les mêmes potentialités que celles du groupe Aldabra-Cosmolédo. On peut voir une confirmation de cette hypothèse dans la mise en évidence (fig. 4), lors de la campagne "PROVIDENCE" en janvier 1973, à l'aide de mesures directes au G.E.K., d'un vortex cyclonique sous le courant de l'île Providence, centré sur Saint-Pierre, qui a été l'une des principales îles à guano de la région.

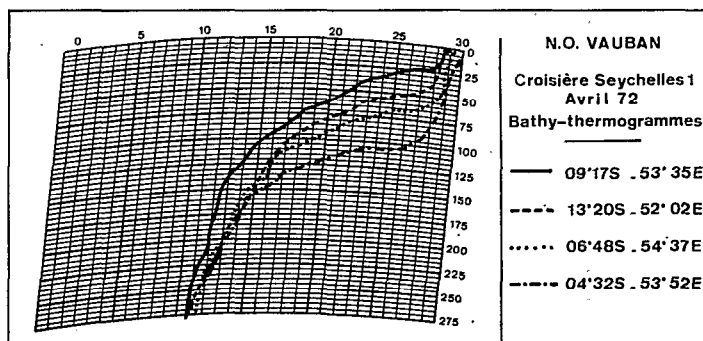


Fig. 3 — Types de profils bathythermiques obtenus lors de la campagne SEYCHELLES 1 en avril 1972.

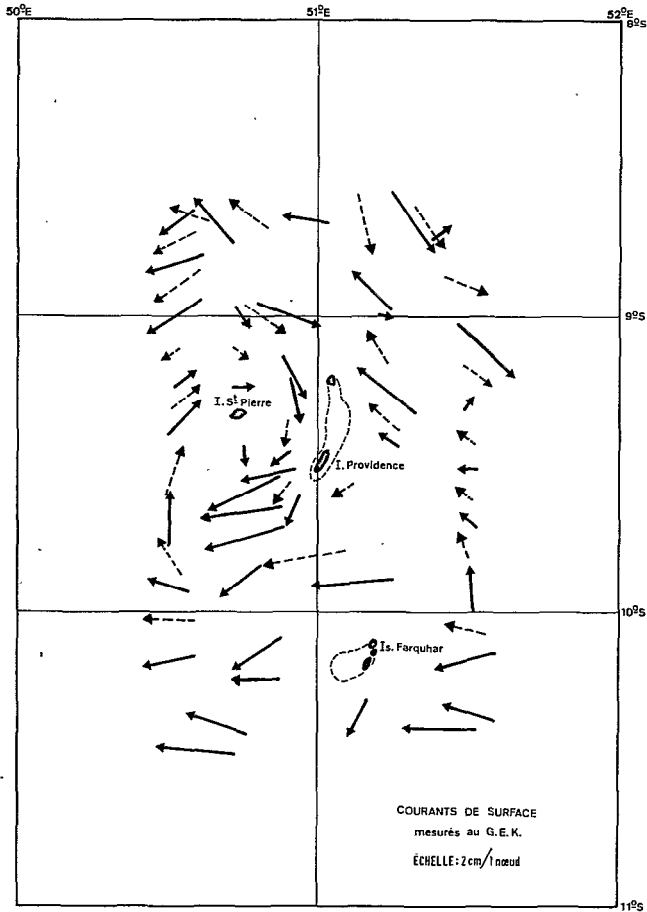


Fig. 4 — Courants de surface mesurés au G.E.K. autour des îles du groupe Providence lors de la campagne PROVIDENCE en janvier 1973. En tireté, courant interpolé entre deux mesures consécutives.

b) Les parages des îles Comores

Ces îles sont situées dans une zone de convergence décrite par STEQUERT et POULAIN (1973) et POULAIN et al. (1973), et caractérisée par une grande pauvreté de la couche euphotique en sels nutritifs et en zooplancton. Cependant, des mesures récentes (juillet et novembre 1973, mars 1974) ont montré que dans l'ouest de la Grande Comore, il y a enrichissement superficiel en nitrate (teneurs observées de l'ordre de 1 mg/m^3), vraisemblablement lié à une circulation tourbillonnaire cyclonique sous le courant de l'île.

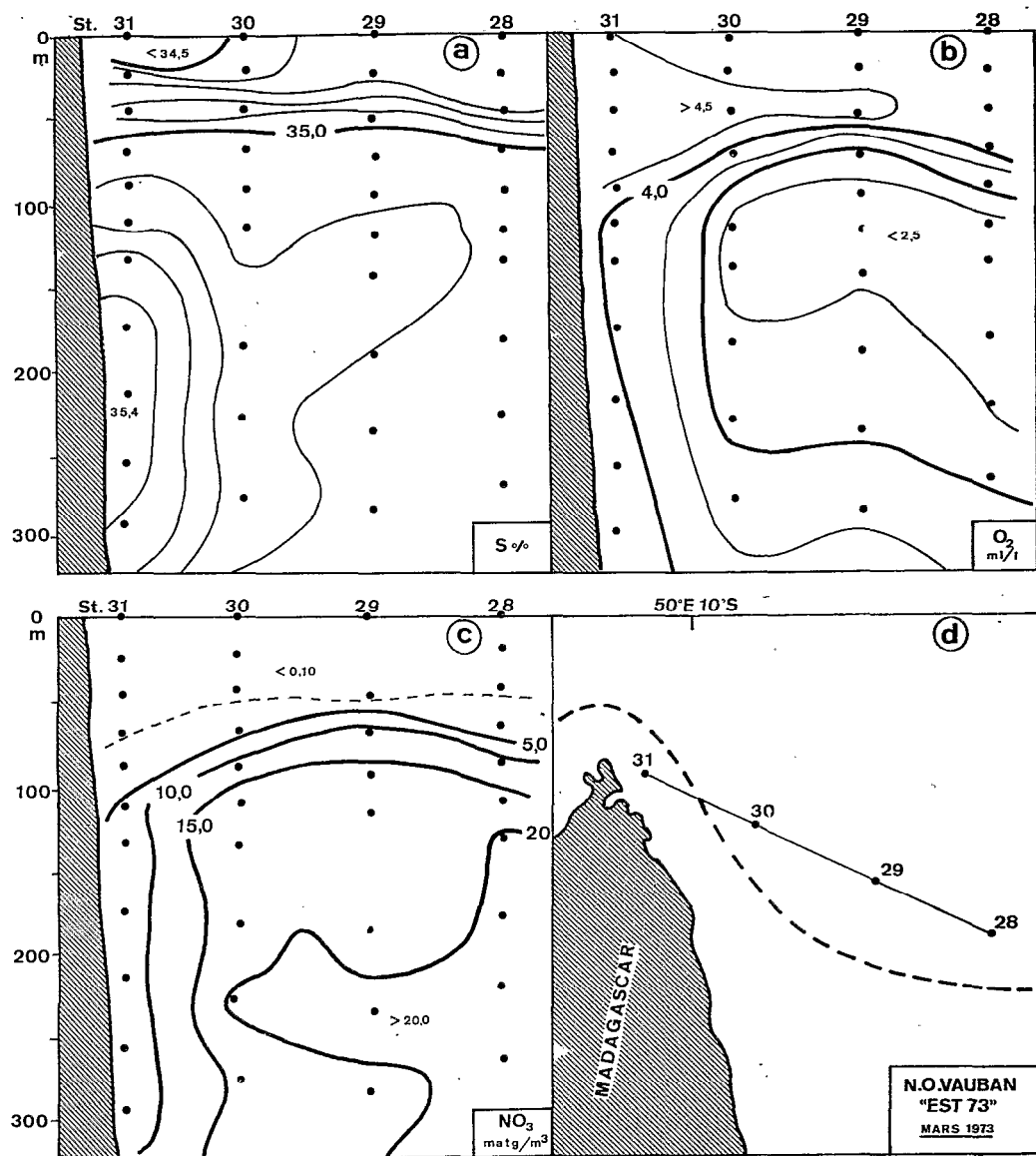


Fig. 5 — Distribution verticale de la salinité (a), de l'oxygène dissous (b) et du nitrate (c) à l'est du cap d'Ambre observée lors de la campagne EST-73 en mars 1973.

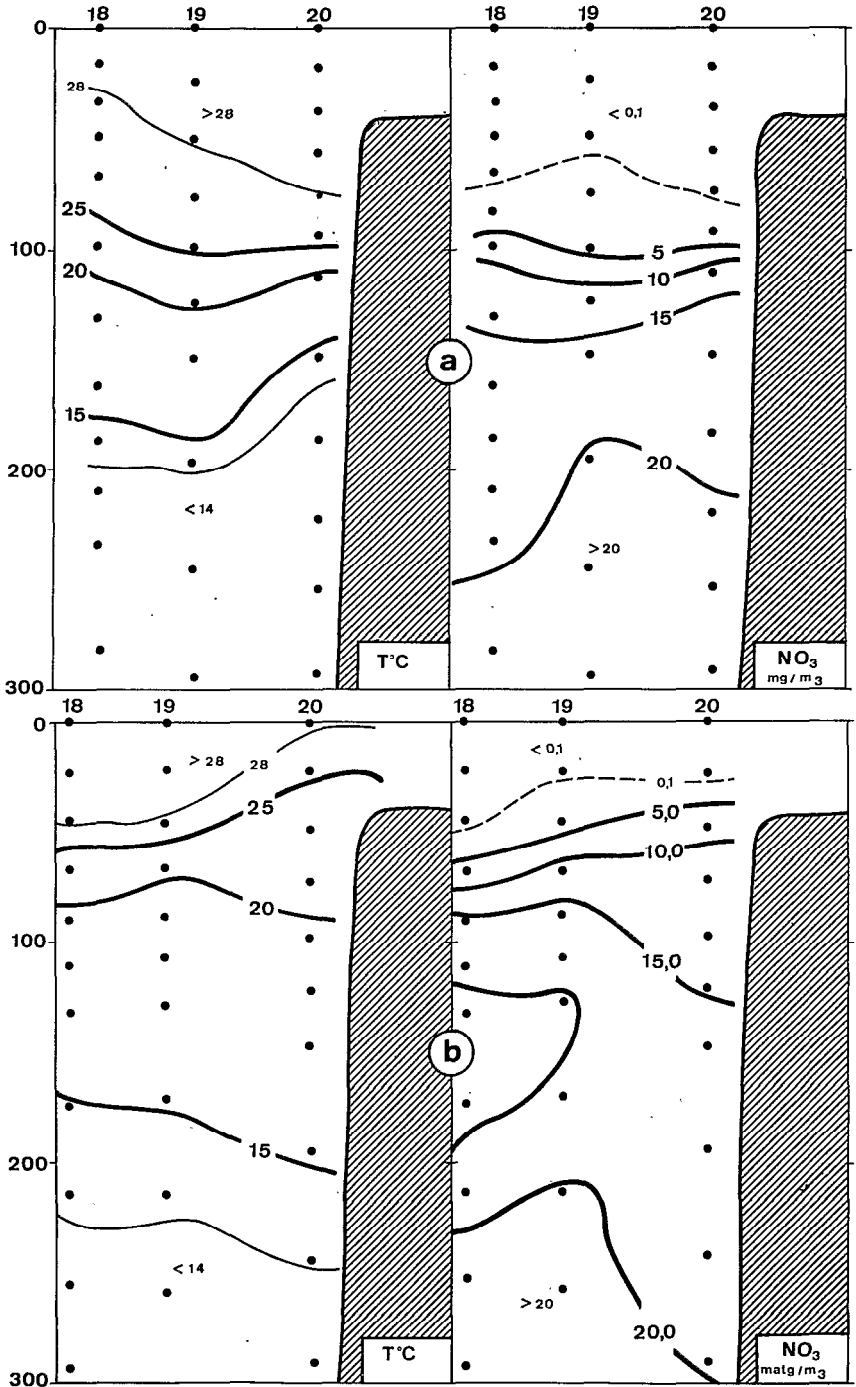


Fig. 6 — Distribution verticale de la température et du nitrate observée lors des Campagnes SEYCHELLES 1 en avril 1972 (a) et SEYCHELLES 2 en décembre 1972 (b), sur le bord ouest du plateau des Seychelles.

c) L'extrême nord de Madagascar

Les études entreprises dans le voisinage du cap d'Ambre ont fait ressortir des conditions hydrologiques contrastées et fluctuantes (CITEAU et al., 1973). C'est un lieu de rencontre de masses d'eau différentes, cheminant par veines et se mélangeant partiellement sous l'effet de courants forts et d'impulsions à large spectre de fréquences y compris celles des ondes de marée. Schématiquement, le front physico-chimique à 10°-12°, typique de l'Océan Indien est bousculé par le flux d'eau de l'est de Madagascar (POULAIN et al., 1974). On observe donc un front physico-chimique parallèle à la côte et proche de celle-ci (fig. 5). De plus, à l'accumulation d'eau du courant sud-équatorial le long de la côte, qui est à l'origine du courant superficiel fort, doit correspondre un apport de matières organiques.

d) Le groupe Amirantes-Seychelles

Le "VAUBAN" a effectué deux campagnes dans ces parages, l'une en avril 1972, l'autre en décembre de la même année. En avril, cette région est située dans la zone de convergence entre le contre-courant équatorial et le courant nord-équatorial induit par la mousson de nord-est (fig. 1). En décembre au contraire, elle se trouve sur le bord de la divergence entre le courant sud-équatorial et le contre-courant équatorial. Il en résulte une différence saisonnière dans l'épaisseur de la couche homogène : une centaine de mètres en avril, une trentaine en décembre (fig. 6). De plus, les courants sont assez forts (jusqu'à 2 nœuds) au voisinage des accores et peuvent produire des remontées d'eau ou des brassages verticaux amenant une atténuation de la thermocline et un enrichissement en nitrate, comme le montre la figure 6. Une troisième campagne est prévue en mai 1974 qui comprendra des observations tout autour du plateau des Seychelles.

II – LES PARTIES NORD ET SUD-EST DU CANAL DE MOZAMBIQUE

a) La côte nord-ouest de Madagascar

La circulation dans le nord du canal de Mozambique a été décrite par DONGUY et PITON (1969) : la circulation anti-cyclonique autour des Comores, entraîne un courant général longeant la côte nord-ouest de Madagascar du sud vers le nord ; ceci est théoriquement favorable à des remontées d'eau le long du talus. C'est en effet ce qui a été observé plusieurs fois par le "VAUBAN", mais ces remontées sont assez brèves et ne semblent pas liées à des vents particuliers. En fait, des mesures récentes de courant de surface au G.E.K. ont montré que les courants sont faibles et variables en direction. Cependant, en avril 1970 par exemple, il a été observé (fig. 7) un léger enrichissement de l'eau superficielle en nitrate (0,30 matg/m³) ; il lui correspondait des teneurs en

chlorophylle *a* élevées, supérieures à 2 mg/m³. On peut aussi penser que la présence, le long de cette côte, de nombreuses baies qui reçoivent d'importants apports terrigènes et sont en été le siège d'enrichissement en sels nutritifs par circulation de type estuaire (PITON et MAGNIER, 1971), peut augmenter la quantité de nourriture sur les accores. On peut enfin remarquer que la température ne descend jamais en-dessous de 25°C, comme dans les régions adjacentes (WYRTKI, 1971).

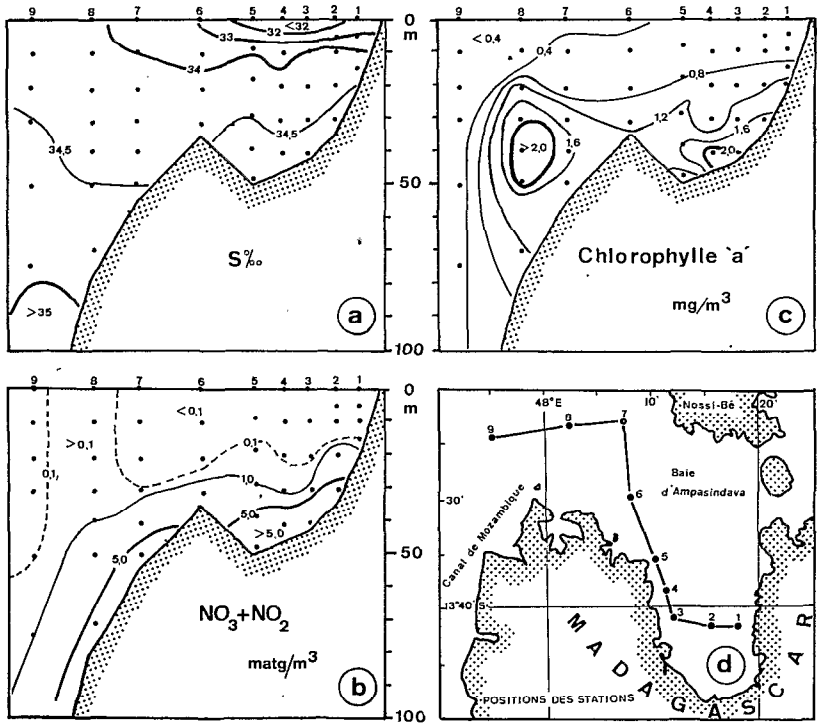


Fig. 7 — Distribution verticale de la salinité (a), du nitrate + nitrite (b) et de la chlorophylle *a* observée en avril 1970 en baie d'Ampasindava de la chlorophylle *a* (c) observée en avril 1970 en baie d'Ampasindava et sur le plateau et talus continentaux (côte nord-ouest de Madagascar).

b) Le centre du canal Mozambique

D'après les cartes de courants, on a schématiquement dans cette région deux courants opposés faisant partie des deux cellules anti-cycloniques occupant l'une le nord du canal de Mozambique, l'autre le sud. En fait, les courants de surface semblent y être variables en direction et mal connus. Par exemple, le "VAUBAN" a effectué, par 5 fois, des observations dans les parages de l'île

Juan de Nova. Le courant a été trouvé portant au nord/nord-est, et faible, en juillet 1973 (fig. 8) à partir de mesures au G.E.K. Mais, antérieurement, les déterminations géostrophiques et d'estime avaient montré : en novembre 1970, un courant de 2 nœuds dans le sud-ouest au sud de Juan de Nova, et dans le sud-est au nord de cette île ; en juillet 1971, un courant de 2 nœuds portant au sud, et en novembre 1971, un courant venant du nord et se divisant en deux branches nord et sud devant le plateau continental malgache.

C'est ce dernier schéma qui a été retrouvé en novembre 1973 et en mars 1974 par des mesures au G.E.K., où il a été mesuré des vitesses maximales de 4 nœuds.

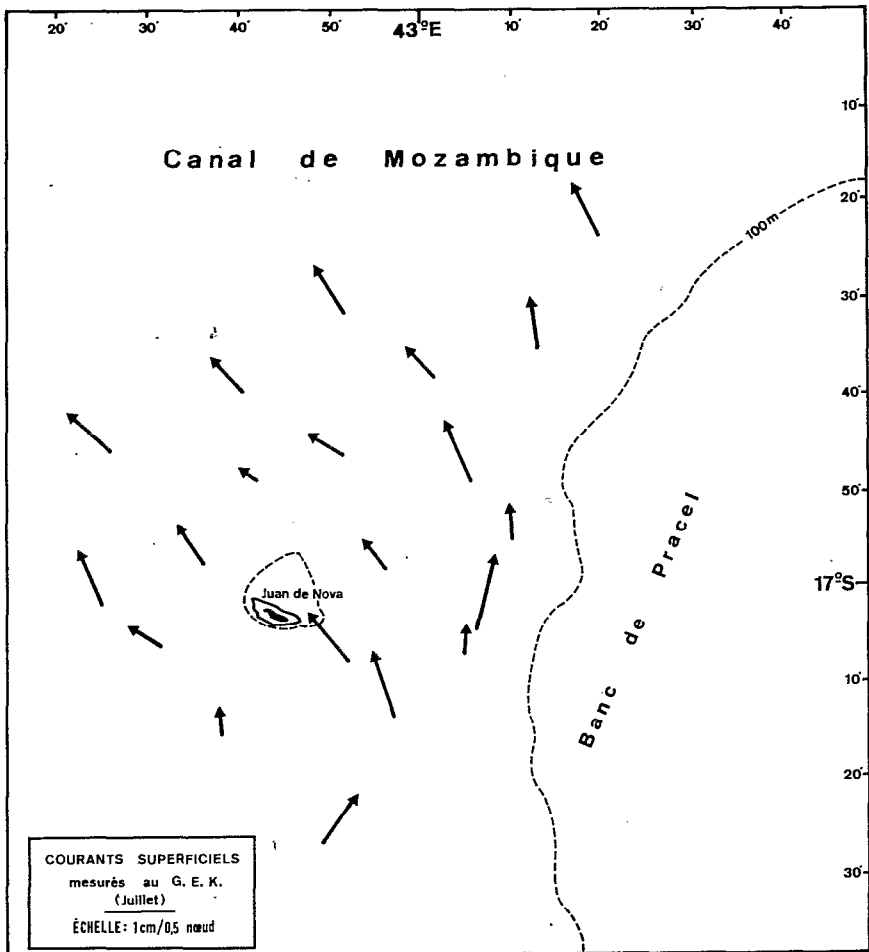


Fig. 8 — Courants de surface mesurés au G.E.K. dans les parages de Juan de Nova, lors de la campagne JUAN DE NOVA III en juillet 1973.

On a donc des situations variables*, favorables à des brassages d'eau. Par deux fois, il a été trouvé dans cette zone des indices de remontée d'eaux profondes : en novembre 1970, refroidissement de 2°C de l'eau de surface, au sud de Juan de Nova, associé à une remontée des isoplèthes de nitrate et à un important enrichissement en chlorophylle *a* (MAGNIER et PITON, 1973), et en novembre 1971, observation d'une grande accumulation de cyanophycées en surface dans le nord de Juan de Nova.

A la même latitude moyenne, mais au large de la côte africaine, il a été mis en évidence, en mars 1974, un front thermique (chute de 3°C en 2 milles) et un enrichissement en nitrate (0,3 matg/m³) de l'eau de surface et en chlorophylle *a* de la couche euphotique.

c) Le sud du canal de Mozambique

MENACHE (1961) a mis en évidence une remontée d'eau profonde dans le sud du canal de Mozambique, vers 25°S et 40°E, placée entre la circulation est-ouest au sud de 25°S et ouest-est au nord de 25°S (fig. 9). MAGNIER et PITON (1973) ont décrit un même type de circulation à peu près à la même latitude. Ils ont aussi signalé un front physico-chimique vers 23°S. Ce sont des conditions favorables à la présence de thons et des observations supplémentaires seraient nécessaires pour mieux situer ces phénomènes. Enfin, dans l'extrême-sud-est de Madagascar, le courant général longe la côte vers le sud, puis porte vers l'ouest (fig. 9). Très peu d'observations océanographiques ont été effectuées dans ce secteur. La zone qui s'étend devant Fort-Dauphin est favorable à la présence d'upwelling, d'après les indices recueillis par le "VAUBAN" en mars 1973, où il a été observé une remontée d'eaux profondes (fig. 10) qui n'atteignait cependant pas l'eau de surface.

* On peut se demander si le terme «île flottante» appliqué à cette île par les marin d'après MALICK (comm. person.) ne provient pas du fait de la difficulté pour eux de faire une bonne estime dans une région où les courants sont si variables.