

UNE ANNÉE D'OBSERVATIONS DE SURFACE DANS LA ZONE DE MOUSSON DE LA PARTIE OCCIDENTALE DE L'OCÉAN INDIEN

J.-R. DONGUY

Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa. Nouvelle Calédonie

RÉSUMÉ

En 1966 et 1967, de nombreuses observations météorologiques (direction et force du vent) et océanographiques (température et salinité superficielles) ont été faites le long des lignes de navigation dans la zone de mousson de l'Océan Indien occidental et ont aidé à éclaircir la circulation due aux moussons de sud-ouest et de nord-est : le flux induit par la mousson de sud-ouest est alimenté par l'eau des courants équatoriaux chaude et dessalée ; celui induit par la mousson de nord-est entraîne successivement l'eau méridionale de la Mer d'Arabie, chaude et salée et l'eau septentrionale de la Mer d'Arabie, tempérée et très salée. Entre 5° S et 5° N, on observe un système complexe de circulation équatoriale dans lequel courants et contre-courants se juxtaposent. L'upwelling de Somalie se manifeste pendant toute la mousson de sud-ouest et, pendant le mois de mars au moins, il existe un upwelling équatorial.

ABSTRACT

During 1966 and 1967, many meteorological (force and direction of the wind) and oceanographical (surface temperature and salinity) observations have been done along sailing routes in the monsoon zone of the Western Indian Ocean and have helped to explain the current system due to the South-West and North-East monsoon : the surface flow of the South-West monsoon is supplied by the Equatorial Current Water, warm and desalted, the surface flow of the North-East monsoon by the Southern Water from Arabian Sea, warm and salted and by the Northern Water from Arabian Sea, temperate and very salted. From 5° S to 5° N, there is a complex system of equatorial circulation in which equatorial currents and counter-currents are juxtaposed. The Somalian upwelling is observed during the whole South-West monsoon and an equatorial upwelling exists at least during March.

1. INTRODUCTION.

De mars 1966 à juin 1967, de nombreux navires marchands ont effectué des observations superficielles de température et salinité, de force et direction du vent ainsi que d'état de la mer le long des lignes de navigation dans la partie occidentale de l'Océan Indien, entre Djibouti et les Iles Mascareignes. Après étude des variations saisonnières de la température et de la salinité (DONGUY, 1970), on a recherché

les relations entre les données météorologiques et les masses d'eau mises en évidence principalement en zone de mousson. Deux types de représentation des observations superficielles sont possibles : le diagramme espace-temps (BERRIT, 1961) et la carte. Le premier permet de schématiser le long d'une route fixe l'évolution temporelle des caractéristiques observées. Le second présente la distribution, à un moment donné, des mêmes caractéristiques, à condition que les observations soient suffisamment

dispersées dans l'espace, c'est-à-dire que les navires empruntent des routes différentes. Dans le Golfe d'Aden, le diagramme espace-temps paraît bien adapté à l'itinéraire Djibouti-Cap Guardafui qui est à peu près fixe. En revanche, à l'est de la côte africaine, les cartes mensuelles semblent mieux appropriées car les routes des navires reliant le Cap Guardafui à Madagascar, aux Iles Comores ou aux Iles Mascareignes varient suivant le port de destination; de même, selon la mousson, les navires allant du Cap Guardafui à Monbasa passent le long de la côte à une distance de quelques milles ou de quelques dizaines de milles. Pour cette zone, lorsque le nombre d'observations le permet, il a donc été dressé deux cartes de distribution mensuelle, l'une de la salinité et du vent, l'autre de la température.

2. GOLFE D'ADEN.

En été boréal, pendant la mousson de sud-ouest, c'est-à-dire entre mai et novembre, la température atteint un maximum entre deux périodes de transition au cours desquelles elle varie de plusieurs degrés en un mois (fig. 1); c'est la saison chaude. Cette eau chaude également très salée (fig. 2) est l'eau de la Mer Rouge. De 45° E à 48° E en juillet-août ainsi qu'à l'est de 51° E de juillet à octobre,

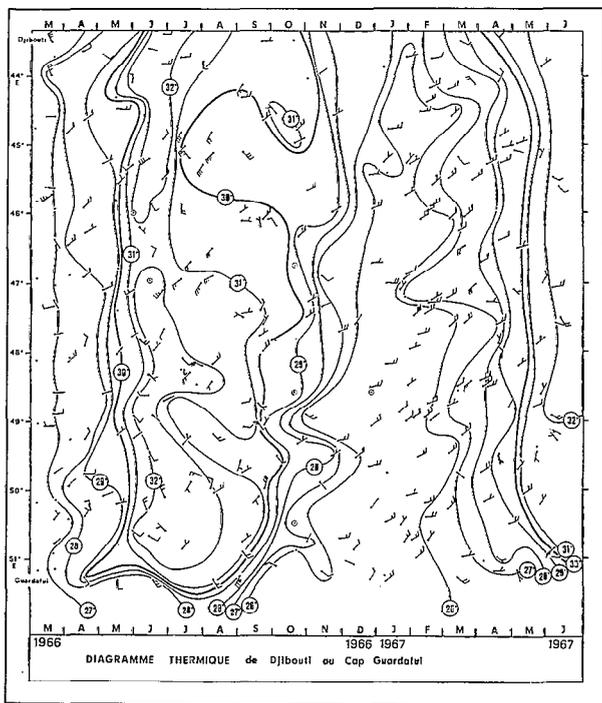


Fig. 1. — Diagramme thermique et vents de Djibouti au Cap Guardafui.

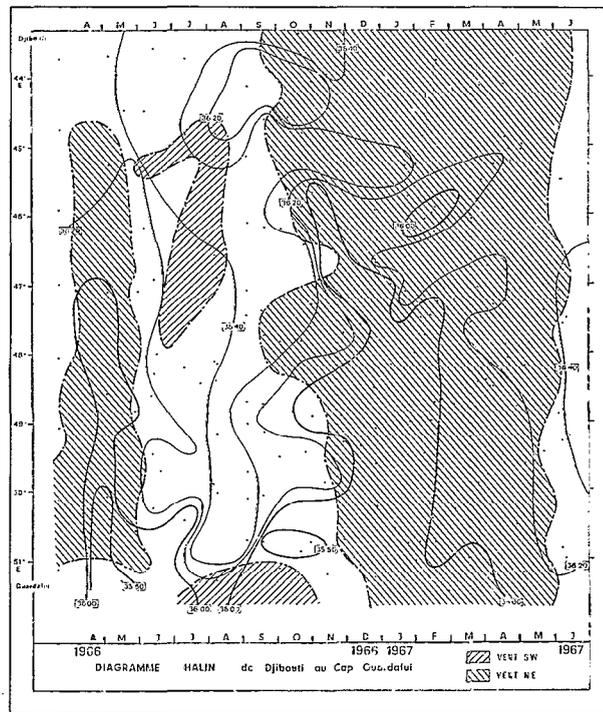


Fig. 2. — Diagramme halin et vents de Djibouti au Cap Guardafui.

un vent assez fort de sud-ouest souffle; ailleurs, le vent ne semble pas avoir de direction privilégiée.

La saison fraîche (fig. 1) dure de novembre à avril (hiver boréal et mousson de nord-est). L'eau relativement froide a une salinité inférieure à 36,0 ‰ (fig. 2) entre 46° E et le Cap Guardafui. Pendant toute cette période et dans tout le Golfe d'Aden le vent souffle du nord-est. L'eau de la Mer Rouge est alors repoussée et remplacée par de l'eau du sud de la Mer d'Arabie dont la température descend à 26° C. Cependant la saison fraîche peut se prolonger au-delà d'avril comme le montrent les observations d'avril-mai 1966 où une période de vent de nord-est a provoqué l'arrivée dans le Golfe d'Aden d'une eau de salinité inférieure à 36,0 ‰. D'après WYRTKI (1971), le Golfe d'Aden ne serait occupé qu'en janvier-février par une eau d'une telle salinité.

3. COTE EST D'AFRIQUE.

Dans cette zone, les navires ont suivi deux itinéraires : l'un côtier du Cap Guardafui à Monbasa (4°00 S), l'autre océanique du Cap Guardafui à Madagascar, la route des navires différant quelque peu suivant la mousson ou le port de destination.

Malgré ces écarts, parce que la météorologie était relativement uniforme, on a choisi de présenter sous forme de diagrammes espace-temps certaines conditions météorologiques rencontrées sur ces itinéraires. Celles-ci sont en général conformes aux indications des « Pilot Charts ».

Conditions météorologiques.

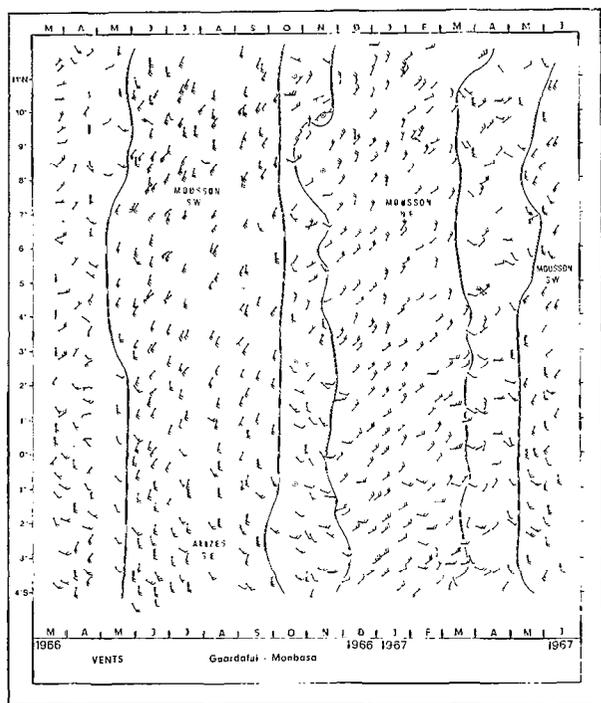


Fig. — 3. Direction et force du vent du Cap Guardafui à Monbasa.

Du Cap Guardafui à Monbasa (fig. 3), le régime des vents est celui de l'alternance bien marquée des moussons. La mousson de sud-ouest est établie de juin à octobre avec un vent assez fort à fort (échelle Beaufort 6-7) au nord de 4° N, modéré au sud; au sud de l'équateur, il a tendance à tourner au sud-est, c'est-à-dire à se transformer en alizé. La mousson de nord-est est établie de novembre à mars; le vent, assez constant, reste modéré. Chaque mousson s'établit de manière soudaine et à peu près simultanément sur tout l'itinéraire. En octobre-novembre et en avril-mai, le vent est faible sans direction privilégiée au nord de 3° N mais, au sud, il montre une tendance à s'établir au sud-est. Pendant la mousson de sud-ouest la mer est agitée, très forte en juin-juillet au nord de 6° N. Pendant la mousson de nord-est, la mer n'est agitée qu'en décembre-janvier. Le reste de l'année elle est belle ou peu agitée.

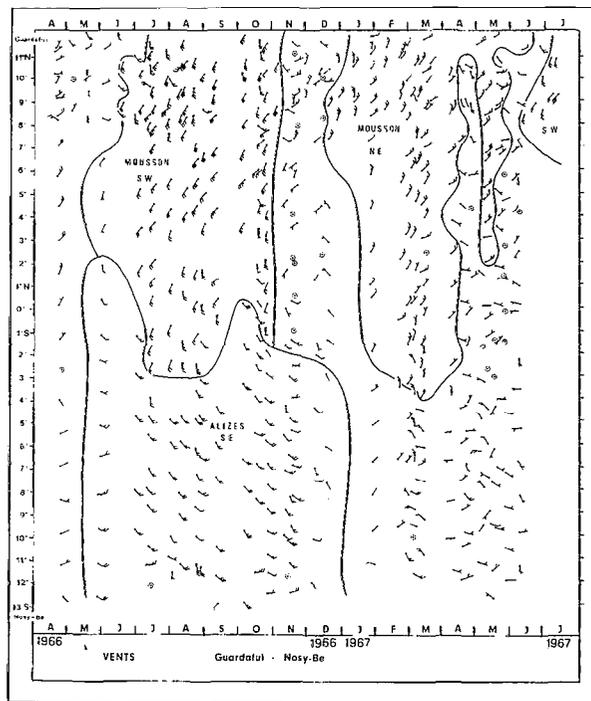


Fig. 4. — Direction et force du vent du Cap Guardafui à Nosy-Bé.

Du Cap Guardafui à Madagascar (fig. 4), l'alternance des moussons n'est marquée qu'au nord de 4° S où le régime est semblable à celui de la côte. Au sud de 4° S, on distingue une période d'alizé modéré de mai à décembre; le reste de l'année le vent est faible et sans direction privilégiée. De juin à octobre, c'est-à-dire pendant la mousson de sud-ouest et l'hiver austral, la mer est agitée. Pendant la mousson de nord-est, la mer n'est agitée qu'au nord de 3° N et pendant des périodes limitées.

Conditions hydrologiques.

Au large de la côte orientale d'Afrique, les routes des navires se déployant en éventail vers le sud, il a été possible, lorsque le nombre d'observations était suffisant, de dresser des cartes mensuelles de température et de salinité superficielles, complétées par les indications des « Pilot Charts » concernant les courants de surface. Seules seront discutées les conditions hydrologiques de juin (mousson de sud-ouest), octobre (renverse mousson de sud-ouest — mousson de nord-est), novembre (première phase de la mousson de nord-est) février (deuxième phase de la mousson de nord-est), mars (période d'upwelling équatorial) et mai (renverse mousson de nord-est — mousson de sud-ouest).

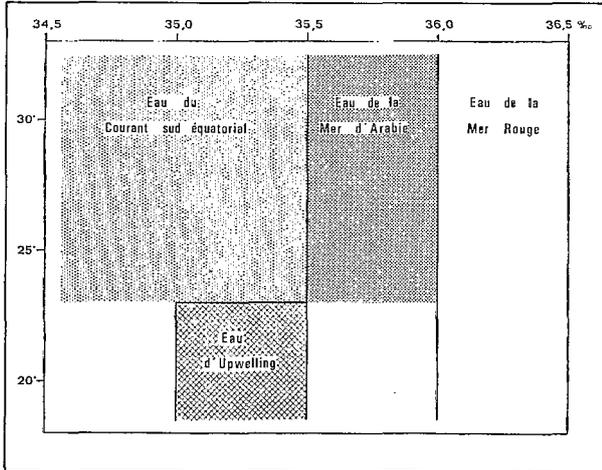


Fig. 5. — Masses d'eau de surface d'après DONGUY (1970).

DONGUY (*op. cit.*) a classé en quatre masses les eaux de la zone de mousson (fig. 5) :

- (1) Eaux du courant équatorial sud $T > 23,0^{\circ}\text{C}$ $34,5\text{‰} < S < 35,5\text{‰}$
- (2) Eaux de la Mer d'Arabie $T > 23,0^{\circ}\text{C}$ $35,5\text{‰} < S < 36,0\text{‰}$
- (3) Eaux de la Mer Rouge $T > 23,0^{\circ}\text{C}$ $S > 36,0\text{‰}$
- (4) Eaux d'upwelling $T < 23,0^{\circ}\text{C}$ $35,0\text{‰} < S < 35,5\text{‰}$

Les eaux dessalées rencontrées au voisinage des côtes n'existent pas en quantité importante dans la zone de mousson. Les eaux de la Mer Rouge ne semblent pas s'étendre à l'extérieur du Golfe d'Aden. Au large de la côte d'Afrique, on rencontre, selon la mousson, les eaux du courant équatorial sud ou celles de la Mer d'Arabie. Les eaux d'upwelling sont localisées de 12°N à 8°N le long de la côte et n'apparaissent que pendant la mousson de sud-ouest. Ces définitions permettent de décrire les situations mensuelles.

JUIN 1966.

La mousson de sud-ouest est établie. Au sud de l'équateur (fig. 6 et 7), au large, on distingue l'eau du courant équatorial sud ($35,0\text{‰} < S < 35,5\text{‰}$, $T < 28,0^{\circ}\text{C}$). Près de la côte, au sud de 5°N , une eau chaude ($T > 28,0^{\circ}\text{C}$) et peu salée ($S < 35,0\text{‰}$), mélange d'eau côtière et d'eau du courant équatorial sud, est entraînée vers le nord-est par le vent de sud-ouest; d'après les « Pilot Charts » le courant atteint $1,5$ nœud le long de la côte; vers 5°N , il s'écarte de la côte et devient le contre-courant équatorial nord; cette tendance est marquée en

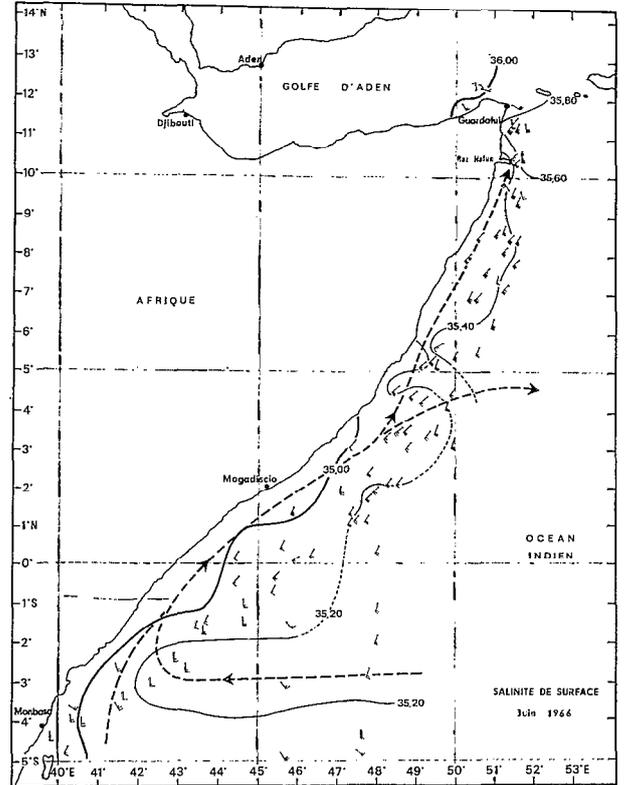


Fig. 6. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en juin 1966.

1966. Au nord de 5°N , le vent de sud-ouest a déclenché l'upwelling : les températures sont inférieures à $24,0^{\circ}\text{C}$ avec un minimum de $20,0^{\circ}\text{C}$; l'eau refroidie s'étend quelque peu vers le large; la salinité issue de l'upwelling est comprise entre $35,0\text{‰}$ et $35,5\text{‰}$. Au nord-ouest du Cap Guardafui, un front thermique important sépare l'upwelling des eaux chaudes du Golfe d'Aden. WYRTKI (1971) confirme les valeurs de températures observées dans le courant équatorial sud. Au nord de 3°N environ, il indique un upwelling marqué par une température côtière inférieure à $25,0^{\circ}\text{C}$; en revanche, au sud, il n'observe pas d'eau chaude le long de la côte.

De juin à octobre, la mousson de sud-ouest persiste. Au sud de l'équateur, du fait du refroidissement hivernal, la température de l'eau du courant équatorial sud est inférieure à $26,0^{\circ}\text{C}$. Au nord de 5°N , c'est en août que l'upwelling est le plus intense avec un minimum de température de $19,0^{\circ}\text{C}$; de même la salinité qui y est associée est minimum ($35,0\text{‰}$ - $35,2\text{‰}$). WYRTKI (1971) montre que cette faible salinité est due à l'upwelling qui apporte en surface de l'eau intermédiaire peu salée.

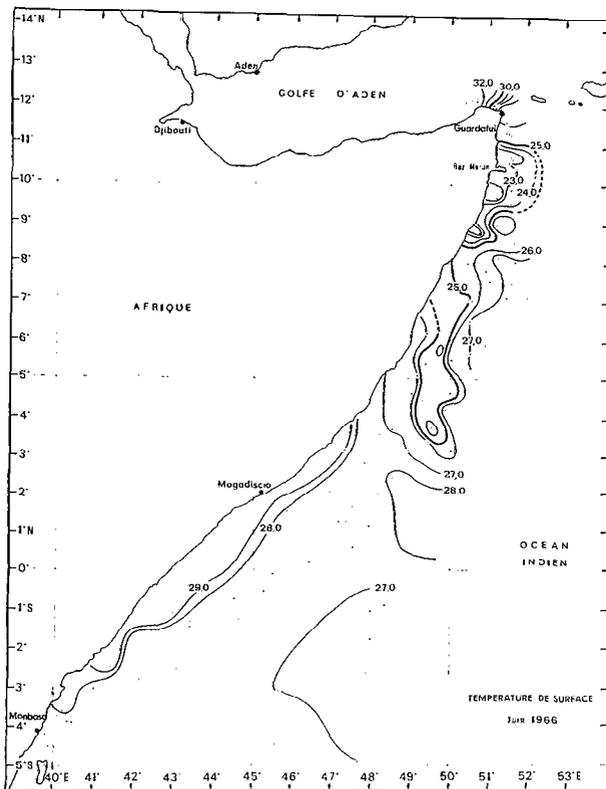


Fig. 7. — Température de surface en juin 1966.

OCTOBRE 1966.

La mousson de sud-ouest persiste le long de la côte; au large le vent souffle du nord-est (fig. 8). La zone de convergence des vents (ATKINSON, SADLER, 1970) est habituellement présente vers 10° N. Près de la côte l'eau du courant équatorial sud (fig. 8 et 9) avec une température voisine de 27,0 °C et une salinité de 35,3 ‰ environ, est entraînée vers le nord par la mousson de sud-ouest jusque vers 9° N où on note des traces d'upwelling. Au large, à l'équateur, on distingue un faible maximum de salinité bien que la température ne montre aucun indice d'upwelling équatorial; les « Pilot Charts », au contraire, indiquent l'existence d'un contre-courant. Vers 4° N, on distingue l'amorce possible du contre-courant équatorial nord. Au large, venant du nord et poussée par la mousson de nord-est, une eau chaude et salée ($T > 28,0$ °C, $35,5$ ‰ $< S < 36,0$ ‰) atteint 4° N. C'est, d'après DONGUY (*op. cit.*), l'eau de la Mer d'Arabie, mais son origine exacte sera précisée ultérieurement. A 7° N et 55° E, les « Pilot Charts » montrent un courant d'environ 1 nœud vers le sud-ouest. WYRTKI (*op. cit.*) signale pour octobre 1963 un upwelling peu marqué, indice

de la persistance de la mousson de sud-ouest le long de la côte; la mousson de nord-est n'y semble donc pas parvenue.

NOVEMBRE 1966.

La mousson de nord-est a remplacé la mousson de sud-ouest (fig. 10). A l'équateur, le vent est faible et mal orienté; c'est l'emplacement de la zone de convergence des vents. L'eau du courant équatorial sud (fig. 10 et 11) s'est réchauffée atteignant 28,0 °C au large mais seulement 27,0 °C près de la côte. Au nord, la mousson de nord-est entraîne jusqu'à l'équateur une eau chaude et salée ($T > 28,0$ °C, $35,5$ ‰ $< S < 36,0$ ‰) qui provient de la Mer d'Arabie. A l'équateur, la zone de convergence favorise sans doute la formation d'un contre-courant équatorial alimenté à la fois par le courant équatorial sud et par le courant de sud-ouest induit par la mousson de nord-est; son existence est confirmée par les « Pilot Charts ». En novembre 1963, pour WYRTKI (*op. cit.*), le réchauffement du courant équatorial sud est sensible au large; en revanche, aucune arrivée d'eau chaude venant du nord n'est perceptible; pour ce qui est de la salinité superficielle en novembre-décembre, l'arrivée d'eau salée le long de la côte jusqu'à proximité de l'équateur est parfaitement claire.

En décembre 1966 et janvier 1967, la mousson de nord-est est bien établie: l'eau chaude et salée originaire de la Mer d'Arabie progresse vers le sud le long de la côte jusqu'à 3° S.

Il convient de souligner que de juin à janvier, le déplacement des masses d'eau induit par la mousson de sud-ouest et la mousson de nord-est est parfaitement conforme à la théorie d'Ekman. En mousson de sud-ouest, au sud de l'équateur, il y a accumulation d'eau chaude et dessalée, c'est-à-dire de faible densité, le long de la côte, ce qui correspond bien à une situation de convergence; au nord de l'équateur, il y a apparition d'upwelling. L'influence de la mousson de nord-est est faible au sud de l'équateur; au nord de celui-ci, il y a accumulation près de la côte d'eau chaude et salée de densité inférieure à celle des eaux du large, ce qui correspond bien encore à une situation de convergence.

FÉVRIER 1967.

La mousson de nord-est persiste (fig. 12). Il faut signaler la présence probable d'une zone de convergence des vents vers 7° S. Près de la côte (fig. 12 et 13), un eau tempérée et très salée ($T < 25,0$ °C, $S > 36,0$ ‰) remplace, en la repoussant vers le

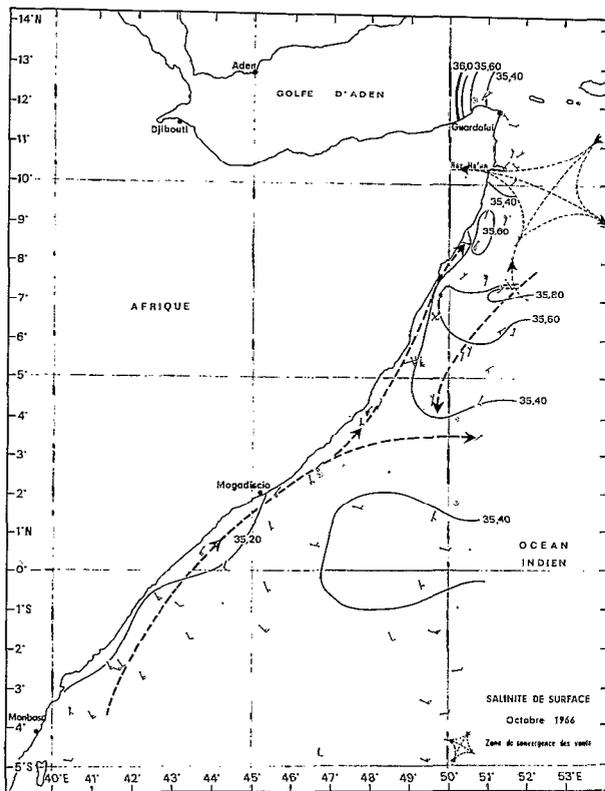


Fig. 8. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en octobre 1966.

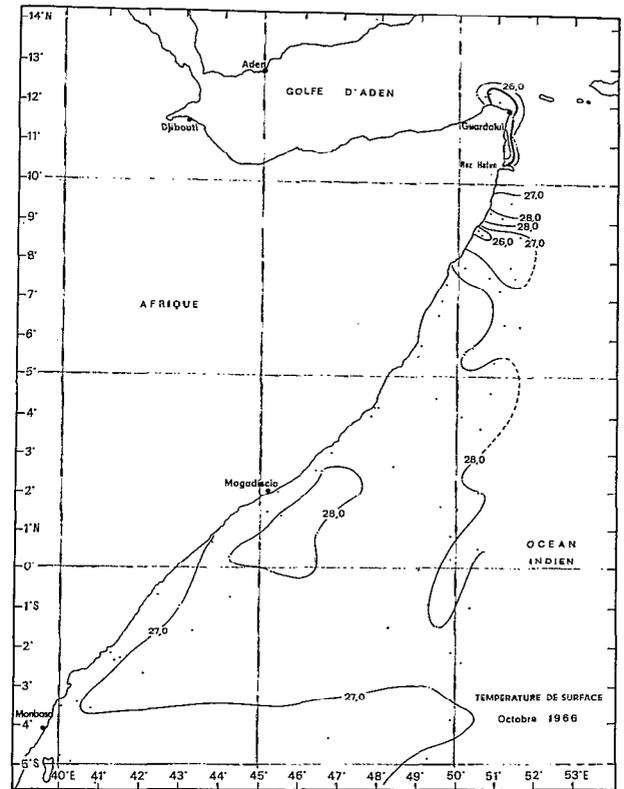


Fig. 9. — Température de surface en octobre 1966.

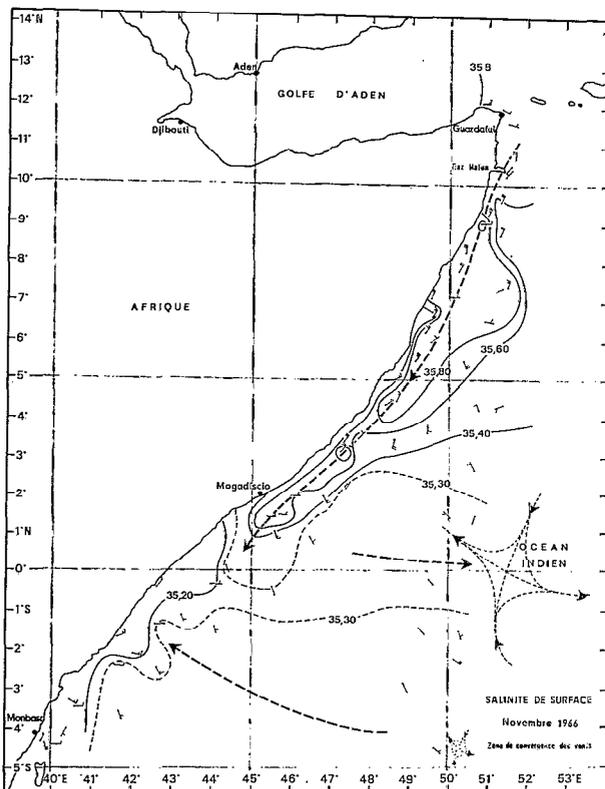


Fig. 10. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en novembre 1966.

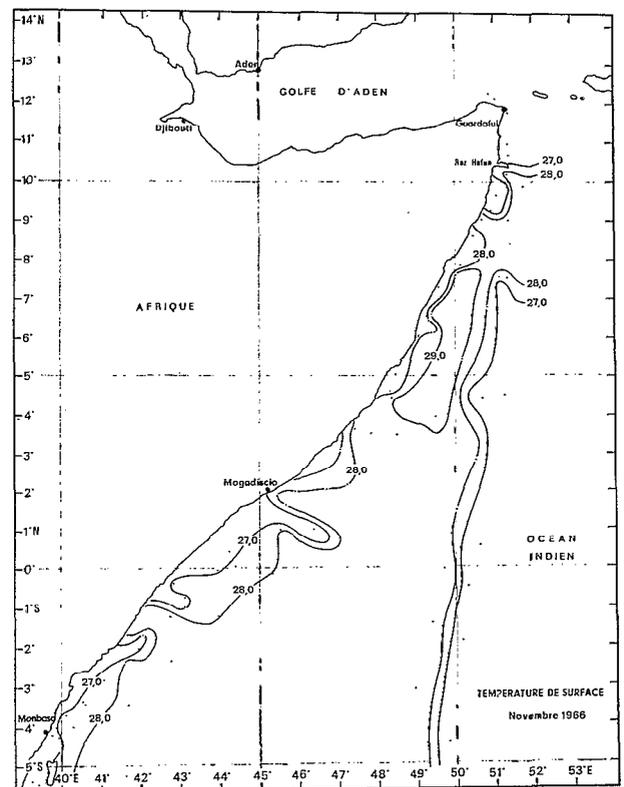


Fig. 11. — Température de surface en novembre 1966.

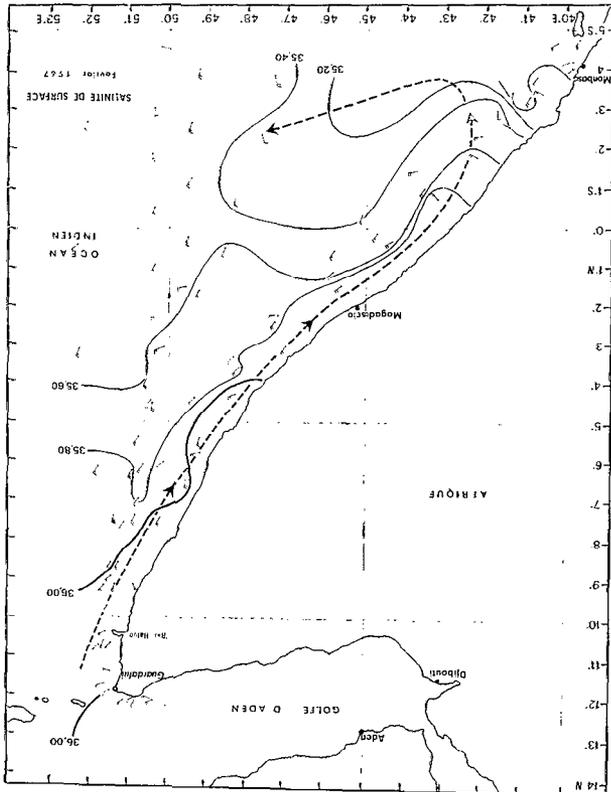


Fig. 12. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en février 1967.

large, l'eau plus chaude et moins salée. C'est une eau qui vient du nord mais dont l'origine exacte sera précisée ultérieurement. A l'équateur, on observe un abaissement de température qui pourrait être l'indice d'un upwelling; cependant il n'y a pas simultanément de maximum de salinité; d'après les « Pilot Charts », le courant équatorial est incertain et la direction du vent (NNE) n'est pas très favorable au déclenchement d'une remontée d'eau. Vers 5° S, la proximité de la zone de convergence favorise l'établissement du contre-courant équatorial sud bien développé sur les « Pilot Charts ». WYRTKI (*op. cit.*) indique en février 1963 un réchauffement par rapport à janvier; vers 5° N un minimum inférieur à 26,0 °C est cependant visible à quelque distance de la côte.

MARS 1967.

La mousson de nord-est persiste près de la côte (fig. 14). Il y a probablement une zone de convergence des vents au sud de l'équateur. Comme en février (fig. 14 et 15), on distingue, venant du nord, une masse d'eau tempérée et très salée collée à la côte. Au nord de l'équateur, au large, le courant équatorial nord, bien marqué sur les « Pilot Charts », amène

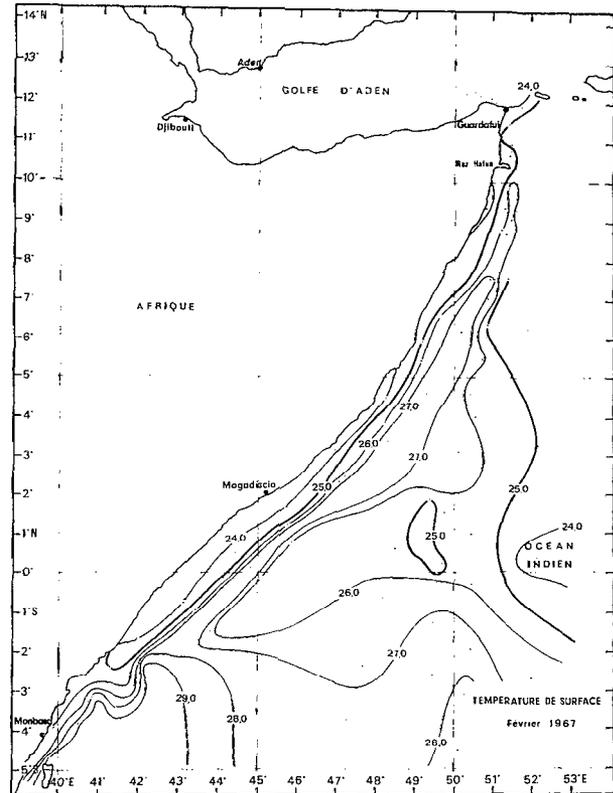


Fig. 13. — Température de surface en février 1967.

une eau chaude et peu salée ($T > 27,0\text{ °C}$, $35,0\text{ ‰} < S < 35,5\text{ ‰}$). A l'équateur, au large, l'alizé quoique faible induit un upwelling caractérisé en surface par un minimum de température et un maximum de salinité. D'après TAFT (1971), un tel upwelling, non encore mis en évidence est possible à la fin de la mousson de nord-est. WYRTKI (*op. cit.*) distingue en mars 1963 près de la côte, une eau de température inférieure à 28,0 °C venant du nord, à l'équateur un minimum de température et un retrait vers le nord des eaux salées.

La présence pendant deux mois près de la côte d'eau tempérée et salée, de forte densité et, au large, d'eau chaude et moins salée, de densité plus faible, ne semble pas conforme à la théorie d'Ekman. Les observations faites au cours de la croisière 15 de l'Atlantis (mars 1965) confirment ces particularités et permettent d'avancer une explication; pendant cette croisière, la topographie de la surface de la mer a vers 54° E un creux dynamique correspondant à une divergence (BRUCE, VOLKMAN, 1969); à l'ouest de celle-ci le courant porte au sud, à l'est il porte au nord; la divergence ainsi créée repousse vers l'ouest les eaux froides et salées et vers l'est les eaux de densité plus faible, empêchant celles-ci de recouvrir les premières.

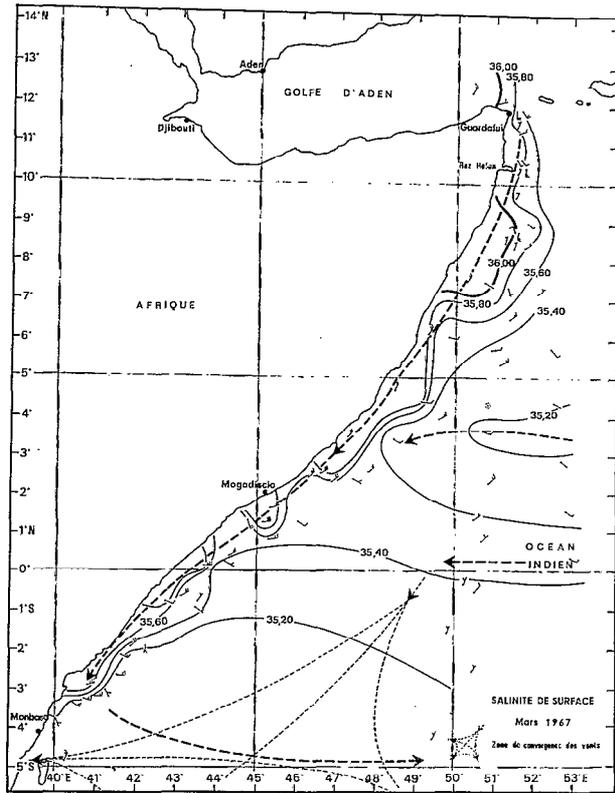


Fig. 14. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en mars 1967.

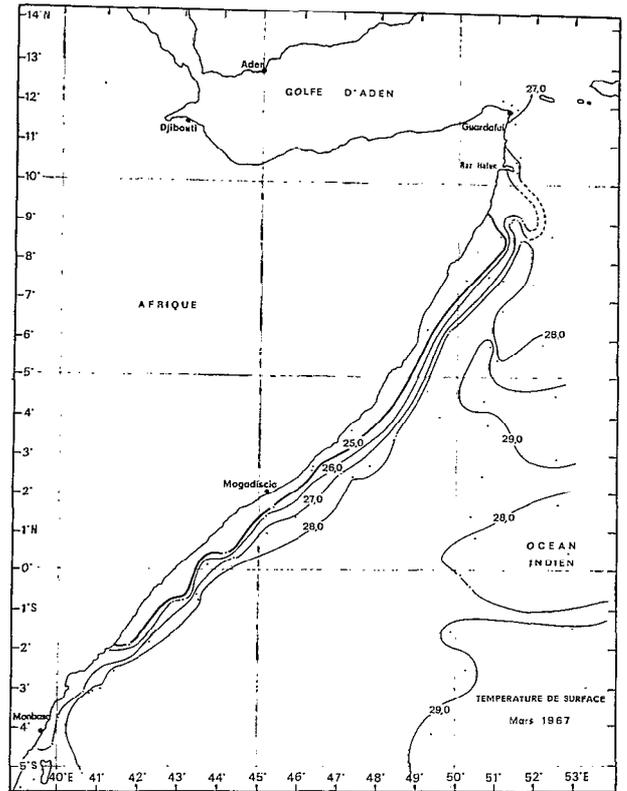


Fig. 15. — Température de surface en mars 1967.

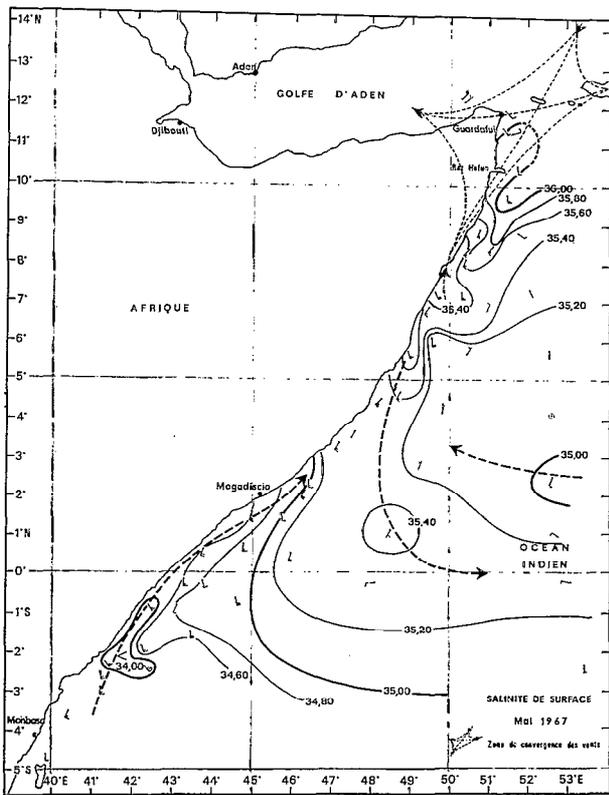


Fig. 16. — Salinité de surface, vent et flux déduits des « Pilot Charts » et des conditions hydrologiques en mai 1967.

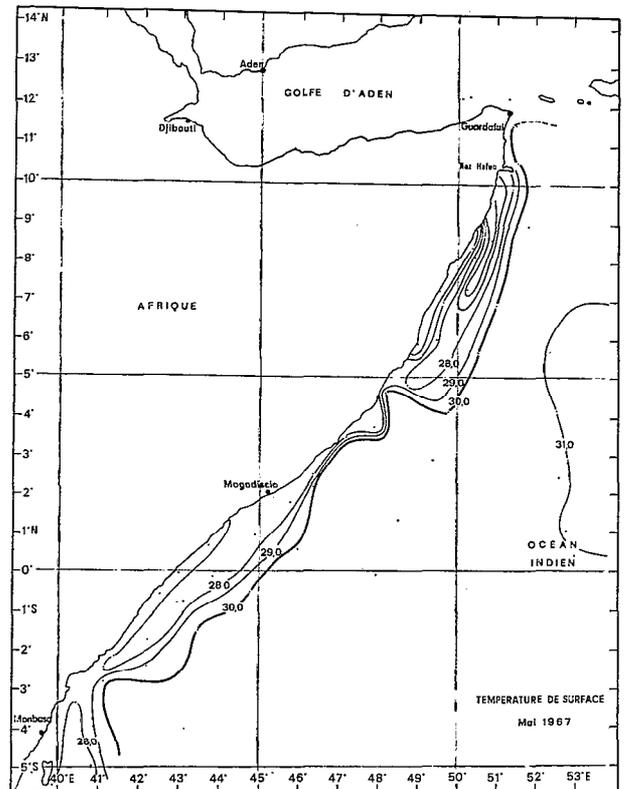


Fig. 17. — Température de surface en mai 1967.

En avril, entre l'équateur et 5° N, le vent de nord-est est remplacé par un faible alizé; l'eau tempérée et très salée fait place à de l'eau chaude et peu salée amenée par le courant équatorial nord. Les travaux de LETMAA (1972, 1973) ont montré que la renverse de la mousson avait eu lieu fin mars-début avril en 1970 et 1971. En 1967, il est possible que la mousson de sud-ouest se soit établie avec retard.

MAI 1967.

La mousson de nord-est est terminée (fig. 16). La mousson de sud-ouest est sensible jusqu'à 5° N. La convergence des vents est localisée au nord de 10° N. Comme en avril (fig. 16 et 17) au nord de l'équateur, le courant équatorial nord entraîne de l'eau chaude et peu salée ($T > 28,0\text{ °C}$, $35,0\text{ ‰} < S < 35,5\text{ ‰}$) venant de l'est; les « Pilot Charts » cependant indiquent plutôt la présence du contre-courant équatorial nord. Au sud de l'équateur, l'eau chaude et dessalée ($T > 27,0\text{ °C}$, $S < 35,0\text{ ‰}$) entraînée par la mousson de sud-ouest, est un mélange d'eau côtière et d'eau du courant équatorial sud. Près de la côte vers 2° S, on distingue une eau très dessalée ($S < 34,0\text{ ‰}$) due sans doute aux précipitations abondantes observées dans la région (223 mm en mai 1967 à Monbasa). A l'équateur, il existe un contre-courant induit par le vent d'ouest et alimenté à la fois par le courant équatorial nord et par le courant équatorial sud. En mai 1963, WYRTKI (*op. cit.*) montre au nord de l'équateur un minimum côtier de température ($T < 27,0\text{ °C}$) indice de déclenchement précoce de l'upwelling. Au large, la température reste supérieure à 29,0 °C.

4. MASSES D'EAU.

DONGUY (*op. cit.*) a attribué à l'eau de la Mer d'Arabie une température supérieure à 23,0 °C et une salinité comprise entre 35,5 ‰ et 36,0 ‰. D'après WYRTKI (*op. cit.*), la Mer d'Arabie est occupée par de l'eau dont la salinité varie de 35,5 ‰ au sud à 36,5 ‰ au nord. Une nouvelle considération des données de surface montre qu'au large de la côte d'Afrique, de novembre à janvier, l'eau chaude ($T > 27,0\text{ °C}$) a une salinité comprise entre 35,5 ‰ et 36,0 ‰; en revanche, de janvier à mars, l'eau tempérée ($T < 25,0\text{ °C}$) a une salinité supérieure à 36,0 ‰. Au début donc, la mousson de nord-est entraîne le long de la côte d'Afrique l'eau méridionale de la Mer d'Arabie réchauffée pendant l'été boréal. Deux mois après, l'eau septentrionale plus salée et refroidie pendant l'hiver boréal atteint à son tour la côte d'Afrique. Ainsi dans cette zone, il ne semble pas possible de confondre l'eau de la Mer Rouge et l'eau septentrionale de la Mer d'Arabie qui

toutes deux ont une salinité supérieure à 36,0 ‰, la première étant plus chaude ($T > 28,0\text{ °C}$) que la seconde ($T < 25,0\text{ °C}$).

D'après DONGUY (*op. cit.*), la salinité de l'eau du courant équatorial sud est comprise entre 34,5 ‰ et 35,5 ‰. Cependant, comme au large, dans la zone étudiée, on ne rencontre jamais d'eau de salinité inférieure à 35,0 ‰, ce type d'eau peut être caractérisé par une salinité comprise entre 35,0 ‰ et 35,5 ‰. De plus, il est clair que la masse d'eau amenée par le courant équatorial nord est du même type que celle charriée par le courant équatorial sud. Par suite, la masse d'eau définie précédemment comme l'eau du courant équatorial sud peut s'appeler eau des courants équatoriaux.

La classification des eaux de surface proposée par DONGUY (*op. cit.*) a donc subi quelques modifications (fig. 18) :

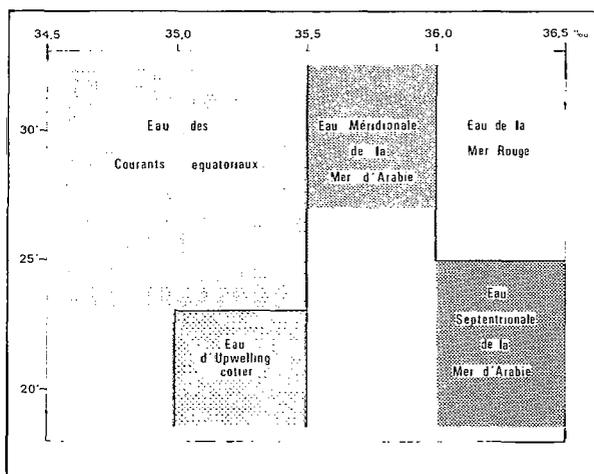


Fig. 18. — Masses d'eau dans la zone de mousson.

— l'eau du courant équatorial sud doit prendre le nom plus général d'eau des courants équatoriaux

— la salinité de l'eau de la Mer d'Arabie est comprise entre 35,5 ‰ et 36,5 ‰. On distingue l'eau méridionale de la Mer d'Arabie ($T > 27,0\text{ °C}$, $35,5\text{ ‰} < S < 36,0\text{ ‰}$) et l'eau septentrionale de la Mer d'Arabie ($T < 25,0\text{ °C}$, $36,0\text{ ‰} < S < 36,5\text{ ‰}$).

Dans l'année, quatre masses d'eau se succèdent le long de la côte d'Afrique : l'eau des courants équatoriaux, l'eau d'upwelling côtier, l'eau méridionale de la Mer d'Arabie et l'eau septentrionale de la Mer d'Arabie. A l'aide des discussions précédentes et des données des « Pilot Charts », il est possible de schématiser en cinq figures l'évolution annuelle de la situation superficielle.

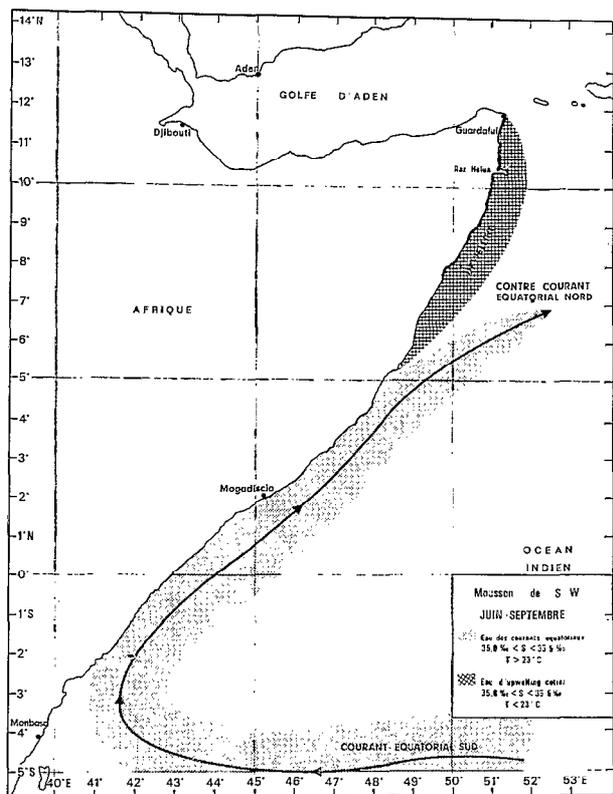


Fig. 19. — Circulation schématique et masses d'eau pendant la mousson du sud-ouest (juin-septembre).

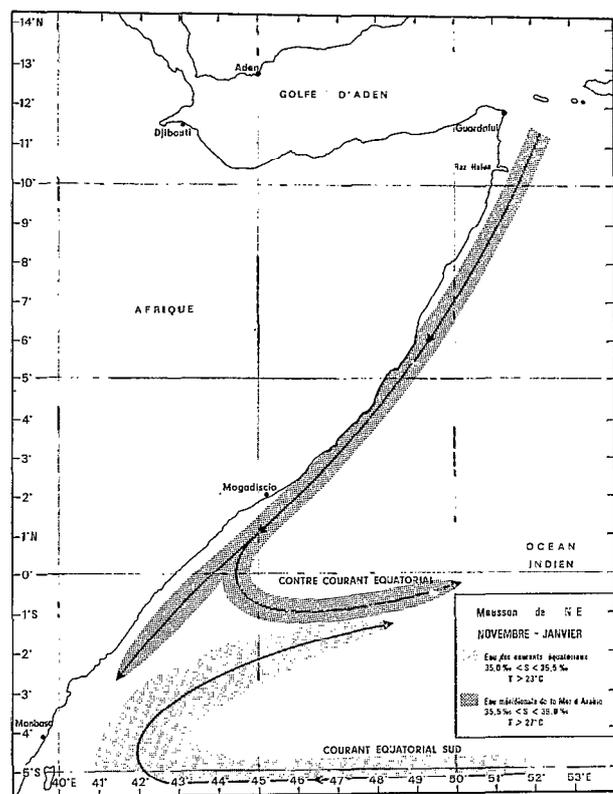


Fig. 21. — Circulation schématique et masses d'eau pendant la mousson de nord-est (novembre-janvier).

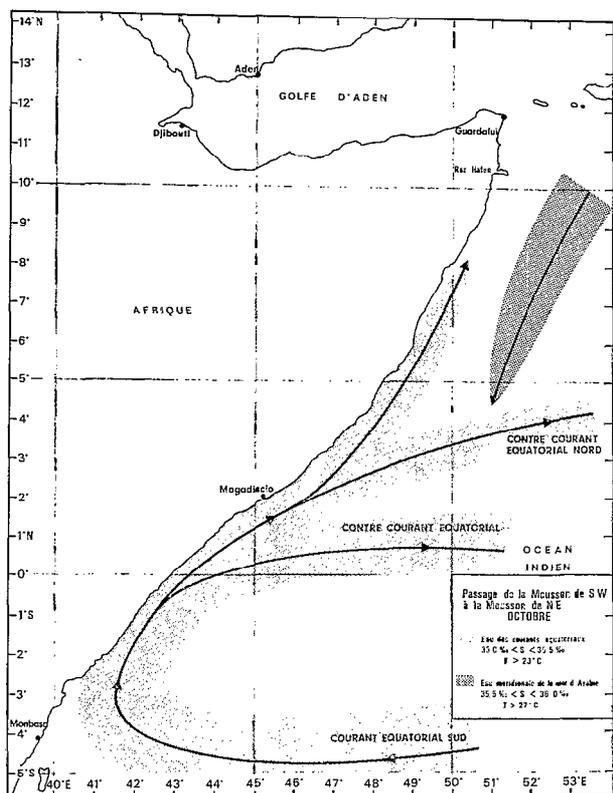


Fig. 20. — Circulation schématique et masses d'eau pendant le passage de la mousson de sud-ouest à la mousson de nord-est (octobre).

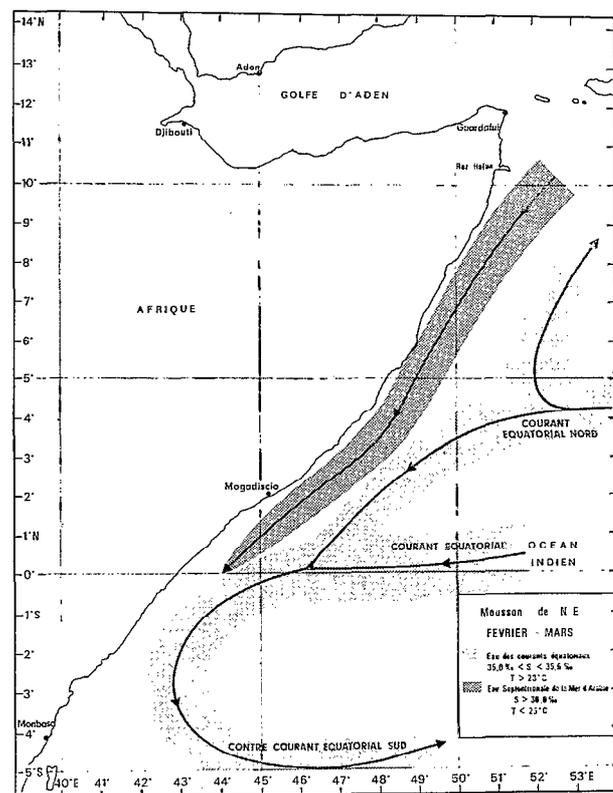


Fig. 22. — Circulation schématique et masses d'eau pendant la mousson de nord-est (février-mars).

La mousson de sud-ouest (fig. 19) dure de juin à octobre. Le courant équatorial sud amène de l'eau chaude et peu salée appelée eau des courants équatoriaux. Cette eau est entraînée le long de la côte d'Afrique par la mousson de sud-ouest puis, à 5° N, par le contre-courant équatorial nord. Au nord de 5° N, l'upwelling amène en surface de l'eau froide et peu salée.

Le passage de la mousson de sud-ouest à la mousson de nord-est (fig. 20) a lieu généralement en octobre. Entre l'équateur et 5° N, l'eau des courants équatoriaux est entraînée vers le large par le contre-courant équatorial et le contre-courant équatorial nord. Au nord de 5° N, au large, poussée par la mousson de nord-est, apparaît l'eau méridionale de la Mer d'Arabie chaude et salée.

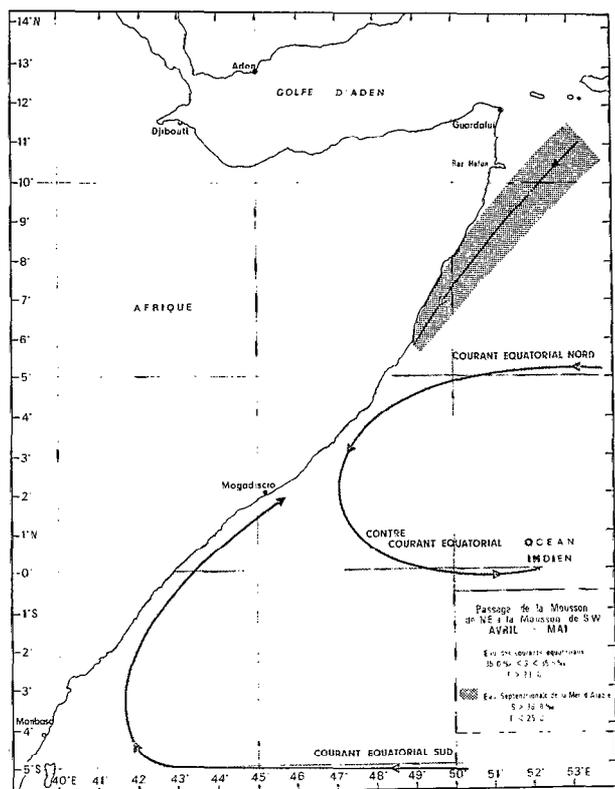


Fig. 23. — Circulation schématique et masses d'eau pendant le passage de la mousson de nord-est à la mousson de sud-ouest (avril-mai).

De novembre à janvier (fig. 21), la mousson de nord-est entraîne le long de la côte d'Afrique l'eau méridionale de la Mer d'Arabie. Au sud de l'équateur, l'eau des courants équatoriaux amenée par le courant équatorial sud se mélange à l'eau méridionale de la Mer d'Arabie pour former le contre-courant équatorial.

En février et mars (fig. 22), la mousson de nord-est entraîne le long de la côte d'Afrique l'eau septentrionale de la Mer d'Arabie tempérée et très salée. Plus au large, l'eau des courants équatoriaux, amenée par le courant équatorial nord et par le courant équatorial, est emportée vers l'est par le contre-courant équatorial sud.

Le passage de la mousson de nord-est à la mousson de sud-ouest (fig. 23) a lieu généralement en avril-mai. L'eau septentrionale de la Mer d'Arabie persiste au nord de 5° N. Le courant équatorial nord vers 5° N et le courant équatorial sud vers 5° S entraînent l'eau des courants équatoriaux qui est ensuite emportée vers l'est par le contre-courant équatorial.

5. CONCLUSION.

Le Canal de Suez ayant été fermé en juin 1967, les données superficielles de cette région sont devenues rares. Les observations de surface faites en 1966 et 1967 ont permis de préciser les résultats présentés par l'Océanographic Atlas of the International Indian Ocean Expedition (WYRTKI, *op. cit.*). C'est ainsi que le phénomène de renverse des flux de surface entre chacune des deux moussons est particulièrement net. L'entraînement par la mousson de nord-est d'eau chaude et salée puis d'eau tempérée et très salée a été mis en évidence et expliqué. Enfin, il semble que, pendant un mois au moins, il y ait un upwelling équatorial, ce qui avait été prévu mais jamais observé.

REMERCIEMENTS.

L'auteur adresse ses remerciements au commandant et à l'équipage des navires de la Compagnie des Messageries Maritimes, de la Nouvelle Compagnie Havraise Péninsulaire et de la Compagnie Auxiliaire de Navigation de Madagascar qui ont participé à cette étude.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 4 juin 1974.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1966. — Atlas of Pilot Charts. South Pacific and Indian Ocean. H.O. Pub n° 107.
- ATKINSON (F. D.), SADLER (J. G.), 1970. — Mean-Cloudiness and Gradient-level wind charts over the tropics. Air Weather Service, United States Air Force.
- BERRIT (G. R.), 1961. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation — 1^{re} partie — *Cah. Océanogr.*, vol. 13, 10: 715-727.
- BRUCE (J. G.), VOLKMANN (G. H.), 1969. — Some measurements of current off the Somali Coast during the NE monsoon. *J. Geophys. Res.*, vol. 74, 8 : 1958-1967.
- DONGUY (J. R.), 1970. — Observations de surface le long des lignes de navigation dans la partie Ouest de l'Océan Indien. *Cah. Océanogr.*, 22, 4 : 353-366.
- LETMAA (A.), 1972. — The response of the Somali Current to the Southwest monsoon of 1970. *Deep Sea Res.*, 19, 4 : 319-325.
- LETMAA (A.), 1973. — The response of the Somali Current at 2° S to the Southwest monsoon of 1971 — *Deep Sea Res.*, 20, 4 : 397-401.
- TAFT (B.), 1971. — Ocean circulation in monsoon areas. *Internat. Symposium on the Fertility of the Sea*. Sao Paulo Brazil 1969 — *Proceedings*, 2, : 565-579.
- WYRTKI (K.), 1971. — Oceanographic Atlas of the International Indian Ocean Expedition — National Science Foundation, Washington D. C.