

ESQUISSE DU RÉGIME HYDROLOGIQUE AU LARGE DE LA CÔTE DES GRAINES ET DE LA CÔTE D'IVOIRE ENTRE ABIDJAN ET MONROVIA

par J. R. DONGUY (1) et M. PRIVE (2)

RÉSUMÉ

En 1964, le navire de recherche « Reine Pokou » du Centre de Recherche Océanographique de Côte d'Ivoire a effectué deux campagnes au large de la Côte d'Ivoire et de la Côte des Graines. L'une avait lieu durant la saison chaude australe, l'autre durant la saison froide. Le régime des eaux du large est celui des eaux de l'Atlantique Sud. L'étude dynamique est fondée principalement sur la topographie de la thermocline. Les conditions côtières montrent un contraste entre les saisons de la Côte des Graines et celles de la Côte d'Ivoire.

SUMMARY

During 1964 the R/V « Reine Pokou » of the Centre de Recherche Océanographique de Côte d'Ivoire did two surveys off the Ivory Coast and off the Grain Coast. One occurred during the austral warm season, another during the cold season. Far away from the shore, the hydrographic conditions are the South Atlantic ones. The dynamic study is mainly based on the thermocline topography. The coastal conditions show a contrast between the seasons of the Ivory Coast and those of the Grain Coast.

Depuis les travaux du « Meteor » (1925-1927), les conditions océanographiques générales de l'Atlantique Sud sont assez bien connues grâce aux publications de DEFANT (1936) et SCHOTT (1944). Au contraire, l'océanographie côtière, qui subit d'importantes variations dans le temps et l'espace, n'a pas bénéficié partout d'études approfondies. Cependant BERRIT (1961, 1962), par l'observation des conditions hydrologiques superficielles le long de la Côte d'Afrique, a mis clairement en évidence différentes régions géographiques et climatiques. Le même auteur a décrit les conditions hydrologiques profondes de plusieurs de ces régions : Sénégal, Congo, Baie de Biafra (BERRIT 1951, 1958, 1959). De 1961 à 1963, le Centre de Recherche Océanographique de Côte d'Ivoire a pu déterminer l'évolution annuelle des conditions océanographiques de la zone marine située au large d'Abidjan (DONGUY et PRIVÉ, 1964).

(1) Océanographe physicien de l'ORSTOM.

(2) Technicien en océanographie physique de l'ORSTOM au Centre ORSTOM de Nosy-Bé, Madagascar.

En 1964, à l'aide du navire de recherche « Reine Pokou », deux campagnes océanographiques ont été faites dans la zone marine située au large de la Côte d'Ivoire et de la Côte des Graines, c'est-à-dire entre Abidjan et Monrovia en atteignant au sud le parallèle 2°00' N (fig. 1 et 2). La première campagne, de 31 stations, appelée Saint-Mathieu I a eu lieu durant la saison chaude australe, du 3 au 21 février. La seconde, de 30 stations, appelée Saint-Mathieu II a eu lieu durant la saison froide, du 18 août au 8 septembre. Les salinités de cette dernière campagne ont dû être rejetées, une erreur systématique s'étant introduite dans le dosage. Les mesures durant les deux campagnes ont atteint au maximum l'immersion 1.500 mètres.

Les bouteilles à renversement utilisées étaient de marque Mécaboliér. La température a été obtenue, avec une précision de $\pm 0,02$ C, par des thermomètres à renversement provenant en partie de chez Richter et Wiese et en partie de chez Kahl. La salinité a été déterminée par la méthode de Mohr-Knudsen avec une précision de $\pm 0,02$ ‰. Le sigma-T a été calculé au moyen des tables MATTHEWS (1932), et les calculs dynamiques ont été faits à partir des valeurs interpolées de température et salinité selon la méthode de LAFOND (1951).

Ces campagnes, qui ont duré environ 20 jours chacune, peuvent être considérées comme donnant une vue synoptique. En effet, une station de référence, située au large d'Abidjan (4°50'N-4°00'W), a été régulièrement occupée, en 1964, à des intervalles de temps ne dépassant pas un mois chacun. Elle permet ainsi de contrôler l'évolution des conditions hydrologiques en un point fixe de la zone étudiée et, en particulier, de comparer les changements ayant pu se produire d'une campagne à l'autre et aussi du début à la fin d'une même campagne. On observe ainsi qu'entre le 3 et 21 février 1964, l'isotherme 28°C (fig. 3) et l'isohaline 35 ‰ sont restées au voisinage de 10 mètres d'immersion. Du 18 août au 8 septembre, c'est l'isotherme 22°C qui a oscillé autour de cette immersion. Ces deux campagnes sont évidemment insuffisantes pour schématiser les variations climatiques de cette région mais on peut tenir compte d'autres travaux effectués dans la région, tels que les stations hydrologiques du « Léon Coursin » (Anon. 1960) et de résultats non encore publiés* dont dispose le Centre de Recherche Océanographique de Côte d'Ivoire.

I. — HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

En février (fig. 4 et 5), l'hydrologie superficielle du grand large est conforme à celle généralement admise à cette époque pour la partie tropicale de l'Atlantique Sud : de 2°00'N à 5°00'N environ, la température est voisine de 29°C et la salinité est inférieure à 35 ‰. Par contre, près de la côte, la température est partout inférieure à 28,5°C (26°C devant Monrovia), et la salinité y dépasse à l'ouest 35 ‰. On retrouve donc la caractéristique des eaux superficielles de ces régions, où température et salinité varient généralement en sens inverse.

En septembre (fig. 6), de la latitude 2°00'N à l'équateur, la température superficielle s'abaisse régulièrement de 25°C à 22°C. Elle est supérieure à 25°C dans la zone comprise entre la latitude de 2°00'N et la Côte des Graines, et la salinité y est inférieure à 34,5 ‰ : le maximum de pluie semble en effet tomber à cette époque (BERRIT, 1962). Par contre, devant la Côte d'Ivoire, se produit l'upwelling de saison froide.

II. — RÉPARTITION VERTICALE DES TEMPÉRATURES ET SALINITÉS

En ce qui concerne la température, nous pouvons comparer la station 628 de Saint-Mathieu I avec la station 693 de Saint-Mathieu II, situées toutes deux à 50 milles environ au sud de Monrovia (fig. 7). La thermocline est toujours très nette et coïncide, durant Saint-Mathieu I, avec la halocline. La couche de couverture comporte donc une eau sensiblement isotherme et isohaline dont l'épaisseur varie. Le maximum de salinité, durant St-Mathieu I, ne semble pas atteindre 36 ‰.

* Ces résultats ont été déposés aux Centres Mondiaux de données A et B sous le nom « Stations hydrologiques exécutées par la " Reine Pokou " de 1956 à 1964 ».

Le diagramme T-S (fig. 8) de la même campagne présente les caractéristiques déjà signalées par BERRIT (1959) et DONGUY et PRIVÉ (1964) pour la région tropicale du Golfe de Guinée. Le minimum de salinité (34,50 ‰), qui correspond à l'eau subantarctique intermédiaire, se trouve vers 800 mètres de profondeur. Le maximum de salinité (35,85 ‰), qui correspond à de l'eau tropicale, se trouve entre 30 et 100 mètres de profondeur. L'eau centrale est caractérisée par un diagramme T-S pratiquement linéaire, limité par les points 35,50‰-6°C et 35,85 ‰-18°C.

Un bathythermogramme de bonne qualité a été obtenu à chaque station durant les deux campagnes. La thermocline étant nette, l'immersion de son point supérieur a été relevée pour chacune de ces stations. En février (fig. 9), près de la côte de Sassandra à Monrovia, la thermocline est en surface. A l'est du Cap des Palmes, elle reste superficielle jusqu'à 60 milles de la côte. Son immersion augmente très rapidement à une centaine de milles de la Côte d'Ivoire et à une cinquantaine de milles de la Côte des Graines. Elle augmente beaucoup plus faiblement au sud du Cap des Palmes. En septembre (fig. 10), la topographie de la profondeur de la thermocline a le même aspect qu'en février, mais cette thermocline est plus profonde : devant la Côte des Graines son immersion est de 40 à 50 mètres. Elle atteint 70 mètres par 3°00'N (fig. 11). Elle remonte à 20 mètres sur l'équateur et s'enfonce de nouveau au sud. La thermocline est par contre beaucoup plus près de la surface devant la Côte d'Ivoire (10 mètres) que devant la Côte des Graines à cause de l'upwelling de septembre.

III — DYNAMIQUE

La topographie de la thermocline donne des indications à la fois qualitatives et quantitatives sur la dynamique de la région. En effet, si on admet que la couche d'eau superficielle se déplace au-dessus de la couche profonde supposée immobile, nous pouvons calculer sa vitesse de déplacement à partir de la pente de la surface de discontinuité et de la différence entre les densités de chacune des deux couches (MARGULES, 1906).

En l'absence de vent, une approximation du courant peut être donnée par la navigation ou par l'inclinaison du câble ; pendant St-Mathieu I (fig. 9), les vents étaient faibles et les courants de surface observés portaient généralement à l'est dans la zone étudiée, ce qui est en accord avec la topographie de la thermocline. Cependant, on n'observe pas un parfait accord, principalement dans l'est de la zone étudiée, entre la vitesse du courant observé et celle du courant calculé suivant l'équation de Margules.

Pendant St-Mathieu II (fig. 10), l'évaluation du courant de surface a été gênée par un vent assez fort. La salinité n'ayant pu être obtenue, on ne peut donner que des indications qualitatives tirées de la topographie de la thermocline. Cependant, les mesures ont été portées assez loin au sud et on observe une renverse du courant de surface entre 2°00'N et 3°00'N. Cette renverse semble coïncider avec la ligne d'immersion maximum de la thermocline. Elle marque probablement la séparation entre le Courant du Golfe de Guinée et le Courant Équatorial.

Les calculs dynamiques, pour St-Mathieu I, ont été effectués en prenant comme niveau de référence l'immersion 400 mètres atteinte par la plupart des stations. La topographie dynamique de surface (fig. 12) par rapport à 400 décibars présente une grande analogie avec la topographie de la thermocline (fig. 9) : la température est en effet le facteur dominant de la densité de l'eau, et la thermocline coïncide généralement avec la halocline (fig. 7). A l'emplacement d'une région où l'immersion de la thermocline varie peu, on remarque une zone où les hauteurs dynamiques sont les plus fortes avec un maximum en un point de coordonnées 3°30'N et 10°30'W. La précision des mesures ne permet pas de conclure à l'existence d'un mouvement particulier, surtout si l'on se tient au nord de cette zone, et après la topographie dynamique, le courant porte à l'est en surface ; ceci s'accorde à la fois avec la direction des courants observés et avec celle des courants calculés à partir de la topographie de la thermocline (fig. 9).

IV. — CLIMATOLOGIE MARINE

En février, la campagne St-Mathieu I permet de distinguer deux zones marines à caractéristiques hydrologiques différentes, séparées par le méridien de Sassandra. A l'est de Sassandra, d'une part, une saison chaude stable est établie (DONGUY et PRIVÉ, 1964). A l'ouest, d'autre part, et jusqu'à Monrovia, l'abaissement de la température des eaux côtières, l'augmentation de leur salinité et la remontée de la thermocline sont autant de phénomènes indicateurs d'upwellings. Le maximum d'intensité de ces phénomènes peut être localisé d'une part vers 6°30'W et d'autre part vers 10°30'W (fig. 4, 5 et 9). Une coupe verticale (fig. 13), faite le long de ce dernier méridien, montre la remontée des isolignes, au contact de la côte, au-dessus de 100 mètres de profondeur. Les données météorologiques de la Côte des Graines sont rares et peu précises. Les vents observés durant la campagne de St-Mathieu I ont été faibles et variables en direction. Les seules indications utilisables sont celles des « Pilot Charts », qui indiquent en février un fort pourcentage de vents assez faibles (force 2-3), mais venant du nord-ouest, c'est-à-dire parallèles à la côte et capables de créer un upwelling. Celui-ci ne semble pas avoir été observé avant février, mais peut persister en mars entre Sassandra et le Cap des Palmes (VARLET, 1960).

A cet upwelling peut aussi se superposer l'influence de l'hiver boréal. En effet, des mesures de surfaces faites à Konakry* (fig. 14), c'est-à-dire à une latitude beaucoup plus nord que celle de Monrovia, y montrent un refroidissement en janvier-février, alors que les saisons marines y

En septembre, les vents dominants sont de sud-ouest, donc parallèles à la Côte d'Ivoire dans un sens favorable à la création d'un upwelling ; ils sont normaux à la Côte des Graines, où ils provoquent d'abondantes précipitations.

Nos observations (fig. 6) confirment l'existence d'un upwelling marqué le long de la Côte d'Ivoire, à l'est du Cap des Palmes, et l'absence d'upwelling le long de la Côte des Graines, à partir du Cap des Palmes. Devant la Côte des Graines, la température de surface est un peu supérieure à 25°C, et la thermocline (fig. 10) a une immersion proche de 50 mètres. La salinité y semble inférieure à 34,5 ‰, en coïncidence avec la saison des pluies. Cette côte bénéficie donc en septembre d'un refroidissement beaucoup plus modéré que la Côte d'Ivoire : il n'y a pas d'indice d'upwelling.

Le contraste climatologique observé lors des deux saisons sur chacune de ces côtes est donc probablement lié à leurs orientations géographiques.

V. — CONCLUSION

Cette étude a été tirée d'observations trop fragmentaires pour définir vraiment le régime hydrologique de la Côte des Graines. Non seulement il faudrait visiter de nouveau cette région en hiver austral, mais il serait souhaitable de faire de nouvelles campagnes entre les saisons les plus marquées. Cependant, la mise en évidence du contraste climatologique et d'upwellings qui apparaissent tour à tour sur la Côte d'Ivoire et sur la Côte des Graines devrait être un facteur intéressant pour la vie marine de la région. Enfin la détermination des facteurs physico-chimiques permettrait aussi de suivre l'évolution saisonnière de la productivité à l'heure où débute l'exploitation commerciale des ressources marines de la Côte d'Afrique.

(*) Mesures aimablement communiquées par E. MARCHAL, du Centre de Recherche Océanographique de Côte d'Ivoire.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1958. — Marine Climatic Atlas of the World. *U.S. Navy I.C. 531*, Washington.
- , 1960. Résultats d'observations. Stations hydrologiques effectuées par le « Léon-Coursin ». *Cah. Océanogr.* XII (5) : 345-356.
- , 1960. Résultats d'observations. Stations hydrologiques effectuées par le « Léon-Coursin », *Cah. Océanogr.* XII (7) : 493-505.
- BERRIT (G. R.), 1952. — Esquisse des conditions hydrologiques du plateau continental du Cap Vert à la Gambie. *Bull. I.F.A.N.* XIV (3) : 735-761.
- , 1958. — Les saisons marines à Pointe-Noire. *Bull. Inf. C.O.E.C.*, X (6) : 335-360.
- , 1959. — Océanographie Physique. Résultats Scientifiques. Campagne Calypso. *Ann. Inst. Océanogr.* tome 37 : 37-73.
- , 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.* XIII (10), p. 715-727.
- , 1962. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation, 2^e partie. *Cah. Océanogr.* XIV (9), p. 633-643.
- , 1962. — Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation, 2^e partie. *Cah. Océanogr.* XIV (10), p. 719-729.
- DEFANT (A.), 1936. — Die troposphäre des Atlantischen Ozeans. *Wiss Erg. Deutsch. Atl. Exp. Meteor 1925-1927* Bd VI, 1 Teil.
- DONGUY (J. R.) et PRIVÉ (M.), 1964. — Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'Équateur, 1^{re} partie. *Cah. Océanogr.* XVI (3), p. 193-204.
- , 1964. — Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'Équateur, 2^e partie. *Cah. Océanogr.* XVI (5), p. 393-398.
- LAFOND (E. C.), 1951. — Processing Oceanographic Data. *U.S. Navy H.O.*, Pub. 614.
- MARGULES (M.), 1906. — Über Temperaturschichtung in stationär bewegter und ruhender luft. *Meteor Zeitschrift*, Berlin.
- MATTHEWS (D. J.), 1932. — Tables for the determination of the density of the sea water under normal pressure. Copenhagen.
- MEYER (H. A. F.), 1925. — Die Oberflächenströmungen des Atlantischen Ozeans in Februar. *Veröff. Inst. Meeresk. Univ. Berl. A*, Hft 11.
- SCHOTT (G.), 1944. — Geographie des Atlantischen Ozeans, Hambourg.
- VARLET (F.), 1960. — Note sur l'hydrologie du plateau continental africain du Cap des Palmes au Cap des Trois Pointes. *Bull. Inst. Pêches Marit. Maroc*, 5, p. 1-20.