

LES CONDITIONS DE L'ATLANTIQUE ENTRE ABIDJAN ET L'EQUATEUR *

par

Jean René DONGUY

du Centre d'Océanographie et des Pêches (ORSTOM) - Pointe-Noire

et

Michel PRIVE

du Centre de Recherches Océanographiques de Côte d'Ivoire - Abidjan

1^{er} partie

Cette étude se propose de définir les conditions marines entre Abidjan et l'Equateur et leurs variations durant l'année. Abidjan est situé par 5°20' de latitude Nord et par 4°00' de longitude Ouest, entre le Cap des Palmes et le Cap des Trois Pointes sur une côte orientée grossièrement Est-Ouest, appelée Côte d'Ivoire.

Géographiquement dans l'hémisphère Nord, climatiquement et océanographiquement Abidjan se rattache à l'hémisphère Sud. En effet, la Côte d'Ivoire est baignée par l'Atlantique qui s'étend sans obstacle vers le Sud jusqu'à l'Antarctique et les mouvements de ses masses d'eau sont presque uniquement commandées par l'influence du climat austral. Cette appartenance océanographique et climatique à l'hémisphère austral a été mise en évidence par A. DEFANT (1936) et G. SCHOTT (1944) d'après les travaux du "Meteor". C'est également G. SCHOTT qui le premier parle d'upwelling devant la Côte d'Ivoire mais sans en donner d'explications satisfaisantes. F. VARLET (1958) d'après des observations côtières de surface a précisé les variations saisonnières devant Abidjan et a proposé une explication météorologique au phénomène d'upwelling. G.R. BERRIT (1962) par des observations de surface effectuées à bord de navires marchands a précisé les limites de l'upwelling et a étendu les mesures des variations saisonnières vers le large. Mais ces dernières observations n'intéressent que l'eau de surface, le mécanisme d'ensemble ne pouvait pas être observé. Aussi le Centre de Recherches Océanographiques de Côte d'Ivoire a-t-il effectué de nombreux travaux au large de la côte. Ces

* Manuscrit reçu le 14 novembre 1963

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 32581, ex 1

Cote : B

travaux se sont intensifiés depuis 1960, date d'acquisition par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire d'un navire de recherches de 26 mètres, la "Reine Pokou".

De 1956 à 1959, une station hebdomadaire a été réalisée systématiquement à 12 milles au sud d'Abidjan et de 1960 à 1963 à 24 milles. A partir de novembre 1961, une radiale Nord-Sud entre Abidjan et l'Equateur a été effectuée en moyenne tous les deux mois. De novembre 1961 à juin 1963, 8 radiales ont été faites.

Le niveau minimal atteint par toutes ces stations était 500 mètres et le niveau maximal 2 000 mètres.

Les stations comportent la mesure de la température in situ, de la salinité, de la concentration en phosphate dissous, du pH et de la transparence à l'aide du disque de Secchi.

Les résultats numériques bruts des stations réalisées de 1956 à 1959 ont été publiés en 1963 dans les "Travaux du Centre de Recherches Océanographiques de Côte d'Ivoire - Résultats Hydrologiques"^{*.} Ceux des années suivantes doivent paraître dans la même publication.

De ces observations, nous pouvons tirer :

- 1) - Une analyse du climat au voisinage de la côte en considérant uniquement les résultats de la station à 24 milles au Sud d'Abidjan ainsi que des valeurs moyennes sur trois années susceptibles de servir de référence aux travaux postérieurs (voir les tableaux ci-joints).
- 2) - L'évolution du climat vers le large entre Abidjan et l'Equateur.
- 3) - Une analyse des conditions physico-chimiques devant Abidjan.
- 4) - L'évolution de ces mêmes conditions vers le large entre Abidjan et l'Equateur.

Première Partie

LE CLIMAT MARIN AU LARGE D'ABIDJAN

La détermination du climat marin au large d'Abidjan a été obtenue par la compilation des résultats de la station hebdomadaire située à 24 milles au sud d'Abidjan (4°50'N - 4°00'W). Nous étudierons dans cette note les variations annuelles de la température et de la salinité, de la surface à 100 mètres de profondeur. Les résultats graphiques des années 1960, 1961 et 1962 sont re-

* Voir présentation de l'ouvrage dans le présent numéro des "Cahiers Océanographiques", p.191.

MOYENNE MENSUELLE DES TEMPERATURES SUR 3 ANNEES 1960 - 1961 - 1962

Nombre de St.	10	8	7	7	5	6	4	8	11	12	9	5
Prof.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
0	27,84	27,85	28,21	28,46	28,97	27,48	24,92	23,76	23,90	26,05	28,21	28,32
10	27,17	27,53	27,46	27,92	28,88	27,49	23,49	21,14	19,36	25,53	27,96	28,08
20	25,87	25,62	25,90	26,68	28,36	27,29	21,70	17,80	17,79	23,32	27,47	27,27
30	22,42	22,68	23,15	24,27	25,71	25,72	19,60	17,03	17,26	20,14	26,05	23,79
50	18,95	19,31	18,26	21,06	21,07	20,98	17,41	16,42	16,63	18,17	22,91	20,49
75	16,89	17,22	17,42	18,53	18,37	17,79	16,70	15,84	16,02	17,46	18,54	17,86
100	15,90	16,18	16,57	16,98	16,94	16,68	15,87	15,36	15,52	16,89	16,56	16,55
150	14,95	14,99	15,51	15,62	15,52	15,35	14,71	14,39	14,79	15,63	15,20	15,23
200	14,18	14,05	14,36	14,65	14,40	13,65	13,32	13,21	13,92	14,40	14,26	14,13
300	11,35	11,00	10,90	11,41	11,43	9,94	9,83	10,42	11,09	11,51	11,51	11,45
400	8,92	8,98	8,78	8,90	8,90	8,26	8,47	8,46	8,96	9,20	9,17	8,53
500	7,61	7,55	7,15	7,52	7,39	7,01	7,07	7,23	7,59	7,77	7,48	7,11
600	6,44	6,50	5,97	6,29	6,12	6,29	6,18	6,40	6,49	6,56	6,38	6,29
800	5,26	5,15	4,96	4,81	4,91	4,92	5,03	5,02	5,10	5,19	4,97	5,01
1000	4,54	4,53	4,54	4,44	4,42	4,43	4,53	4,51	4,51	4,47	4,47	4,50
1200	4,37	4,28	4,33	4,26	4,33	4,27	4,33	4,33	4,34	4,32	4,30	4,28

3

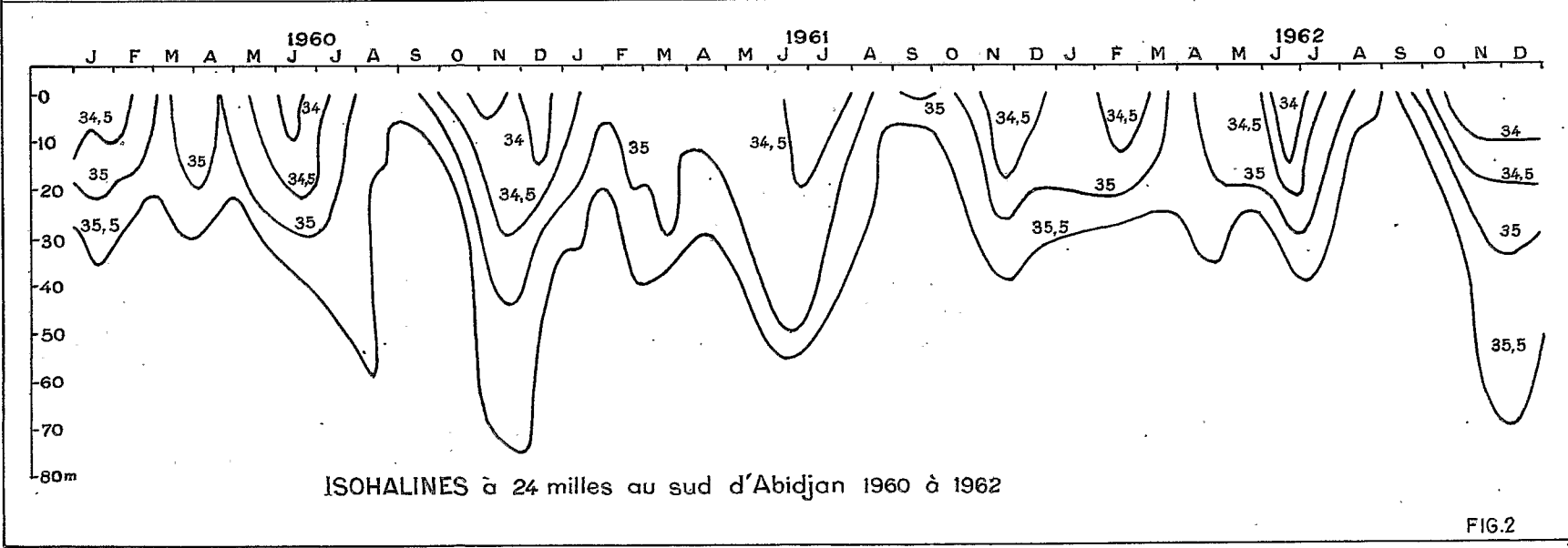
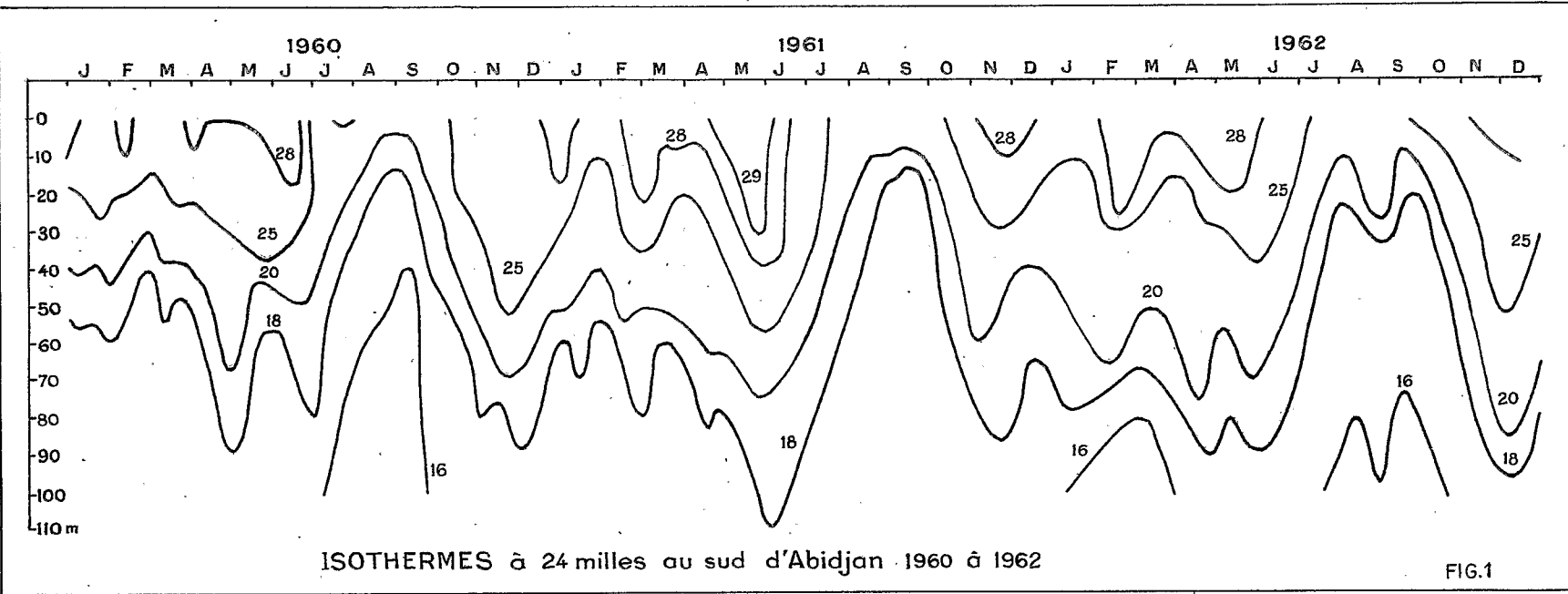
195

MOYENNE MENSUELLE DES SALINITES EN ‰ SUR 3 ANNEES 1960 - 1961 - 1962

Nombre de St.	10	8	7	7	5	6	3	8	11	12	9	5
Prof.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
0	34,39	34,74	34,99	34,76	34,66	34,01	34,73	35,20	35,21	34,47	34,10	33,99
10	34,57	34,80	35,02	34,98	34,65	34,06	34,97	35,43	35,67	34,64	34,16	34,32
20	34,97	35,21	35,27	35,25	35,04	34,32	35,14	35,70	35,76	35,03	34,54	34,57
30	35,42	35,49	35,56	35,51	35,43	35,03	35,43	35,73	35,76	35,56	34,99	35,20
50	35,70	35,67	35,74	35,67	35,71	35,70	35,68	35,68	35,69	35,78	35,43	35,67
75	35,70	35,68	35,73	35,74	35,74	35,75	35,69	35,63	35,63	35,79	35,70	35,74
100	35,64	35,64	35,68	35,71	35,69	35,70	35,62	35,57	35,59	35,74	35,66	35,64
150	35,50	35,51	35,59	35,60	35,58	35,58	35,44	35,48	35,52	35,61	35,55	35,53
200	35,40	35,39	35,46	35,49	35,47	35,39	35,37	35,32	35,41	35,45	35,42	35,39
300	35,09	35,06	35,07	35,12	35,10	34,98	35,00	35,01	35,06	35,12	35,11	35,04
400	34,82	34,81	34,83	34,84	34,82	34,79	34,80	34,78	34,85	34,84	34,85	34,77
500	34,68	34,64	34,65	34,68	34,66	34,64	34,64	34,66	34,70	34,68	34,68	34,64
600	34,59	34,56	34,55	34,58	34,55	34,59	34,60	34,55	34,59	34,63	34,58	34,56
800	34,55	34,55	34,59	34,58	34,53	34,57	34,55	34,53	34,53	34,56	34,58	34,52
1000	34,61	34,64	34,67	34,63	34,65	34,65	34,58	34,63	34,60	34,63	34,63	34,62
1200	34,76	34,80	34,78	34,81	34,75	34,77	34,72	34,80	34,75	34,77	34,79	34,80

4

196



présentés en coordonnées rectangulaires. Nous obtenons ainsi un réseau d'isothermes et d'isohalines dont l'immersion varie avec le temps.

Température -

Le graphique de température (fig.1) montre à première vue deux saisons bien tranchées :

- 1) - une saison froide qui s'étend de juillet à octobre,
- 2) - une saison chaude d'octobre à juillet.

Pour des raisons d'homogénéité entre deux régions soumises aux mêmes influences océaniques, nous adoptons les mêmes critères qu'à Pointe-Noire pour déterminer les limites des saisons (G.R. BERRIT - 1958). Le niveau 15 mètres n'ayant pas été observé à Abidjan, nous avons examiné celui de 10 mètres auquel correspond généralement une température d'environ 1°C supérieure à celui de 15 mètres. Nous admettons donc qu'une saison chaude est établie dès que l'isotherme 25° se place à 10 mètres ou au-dessous et qu'il y aura saison froide dès que l'isotherme 21° est à 10 mètres ou au-dessus.

C'est ainsi qu'en 1960, la saison chaude se termine le 1er juillet et reprend le 10 octobre. En 1961, elle se termine le 10 juillet et reprend le 20 octobre. En 1962 elle se termine le 7 juillet et reprend le 12 octobre.

En moyenne donc, la saison chaude commence le 15 octobre et se termine vers le 5 juillet.

En 1960, la saison froide a commencé le 10 août et s'est terminée le 26 septembre. En 1961, elle a commencé le 4 août et s'est terminée le 5 octobre. En 1962, elle a commencé le 24 juillet et s'est terminée le 1er octobre.

En moyenne donc, la saison froide commence le 1er août et se termine le 1er octobre.

Cependant, la saison chaude ne se déroule pas de manière uniforme. On distingue : a) d'octobre à janvier une période pendant laquelle l'eau de surface se maintient aux environs de 28°,

b) en janvier, un refroidissement pendant lequel l'eau de surface peut atteindre 26°, les isothermes remontant d'une vingtaine de mètres,

c) en février-mars, une période chaude avec l'eau de surface aux environs de 28°,

d) fin mars-début avril, un refroidissement, la température de surface s'abaissant aux environs de 26-27° et les isothermes remontant de 10 mètres,

e) d'avril à juin, une période chaude, la température de surface atteignant 29°.

Nous avons schématisé ces variations saisonnières en ne gardant que les isothermes de 28, 25, 20 et 18° (fig.3).

Salinité -

Sur le graphique de salinité (fig.2), les deux saisons principales se distinguent également :

1°) - En saison froide on trouve en surface des eaux de forte salinité et on observe une remontée des isohalines.

2°) - En saison chaude, on trouve en surface des eaux de salinité assez faible et on observe une descente des isohalines.

En vue de différencier les saisons, nous pouvons prendre le critère suivant : il y aura forte salinité lorsque l'isohaline 35 o/oo sera à une immersion inférieure à 10 mètres et faible salinité lorsque l'isohaline 35 o/oo sera à une immersion supérieure à 10 mètres.

C'est ainsi qu'en 1960 les eaux très salées apparaissent le 30 juillet et disparaissent le 15 octobre, en 1961 elles apparaissent le 10 août et disparaissent le 20 octobre, en 1962 elles apparaissent le 28 juillet et disparaissent le 5 octobre.

En moyenne donc, la saison de forte salinité commence le 1er août et se termine vers le 10 octobre. Elle coïncide donc bien avec la saison froide.

Pendant la saison chaude, les eaux ne restent pas uniformément desalées et on distingue trois subdivisions dont les caractéristiques sont les suivantes :

a) d'octobre à février, la salinité de surface reste inférieure à 34,5 o/oo,

b) de février à juin, la salinité de surface varie de 34,5 à 35 o/oo,

c) de juin à juillet, la salinité de surface se maintient au-dessous de 34 o/oo. Comme pour le diagramme thermique, nous avons schématisé ces variations en ne gardant que certaines isohalines (35,5 - 35,0 - 34,5 et 34,0) - (fig.4).

Interprétation

Avec les données ci-dessus, nous pouvons nous livrer à une analyse du climat marin au large d'Abidjan et à une tentative d'explication. Dans ce but nous pouvons tracer un diagramme T.S. des eaux de surface (fig.6). Une catégorie d'eau est représentée par une aire et englobera les eaux dont les points figuratifs sont groupés dans cette aire. Nous pouvons prendre la même classification que G.R. BERRIT (1962) :

Eaux chaudes dessalées	$t > 24^{\circ}$	$S < 35 \text{ o/oo}$
Eaux chaudes salées	$t > 24^{\circ}$	$S > 35 \text{ o/oo}$
Eaux froides salées	$t < 24^{\circ}$	$S > 35 \text{ o/oo}$
Eaux froides dessalées	$t < 24^{\circ}$	$S < 35 \text{ o/oo}$

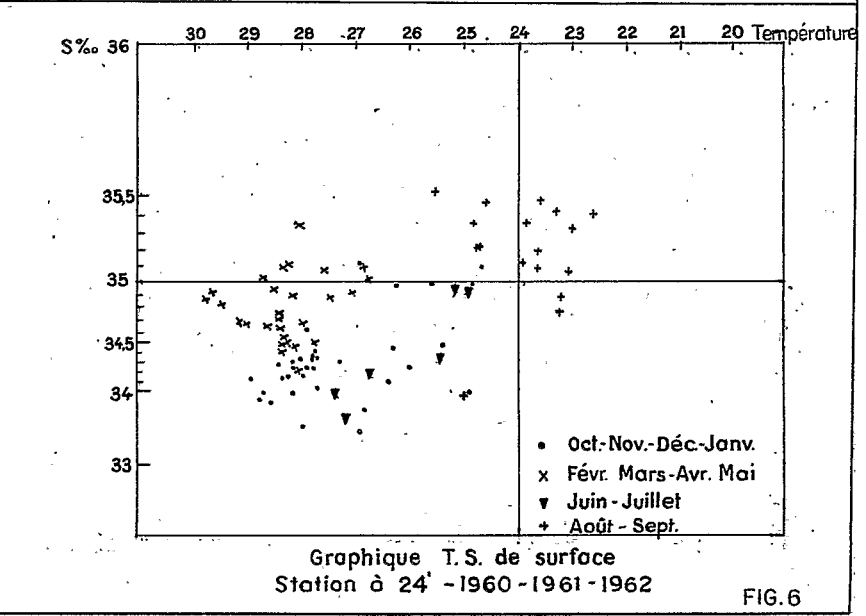
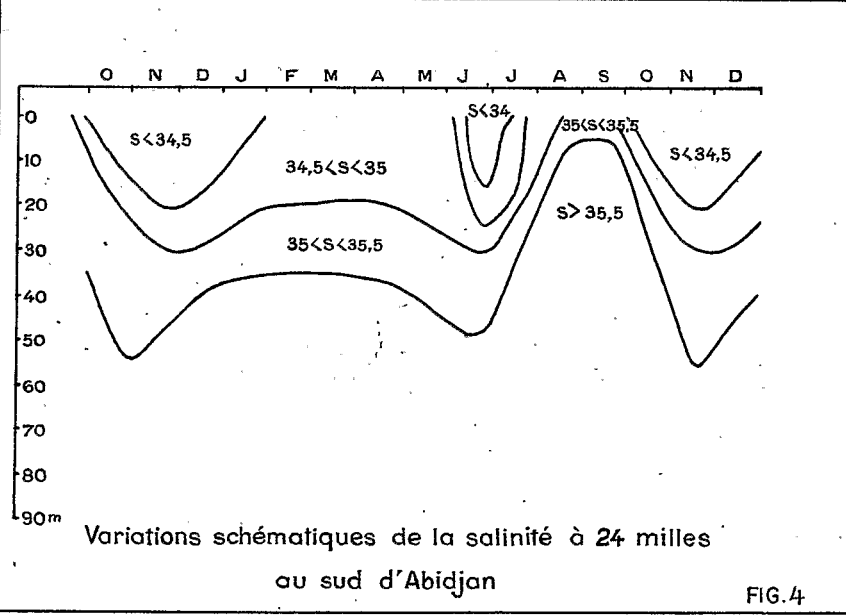
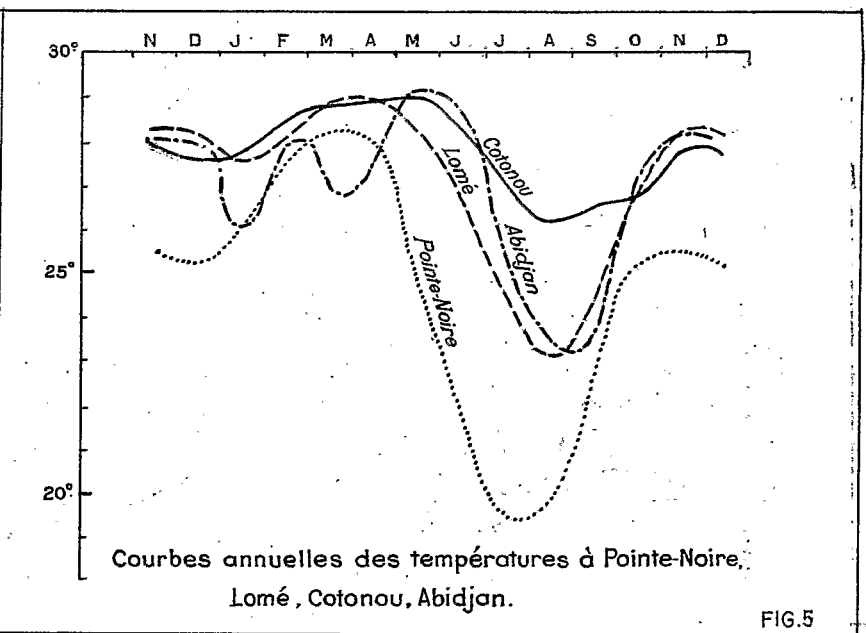
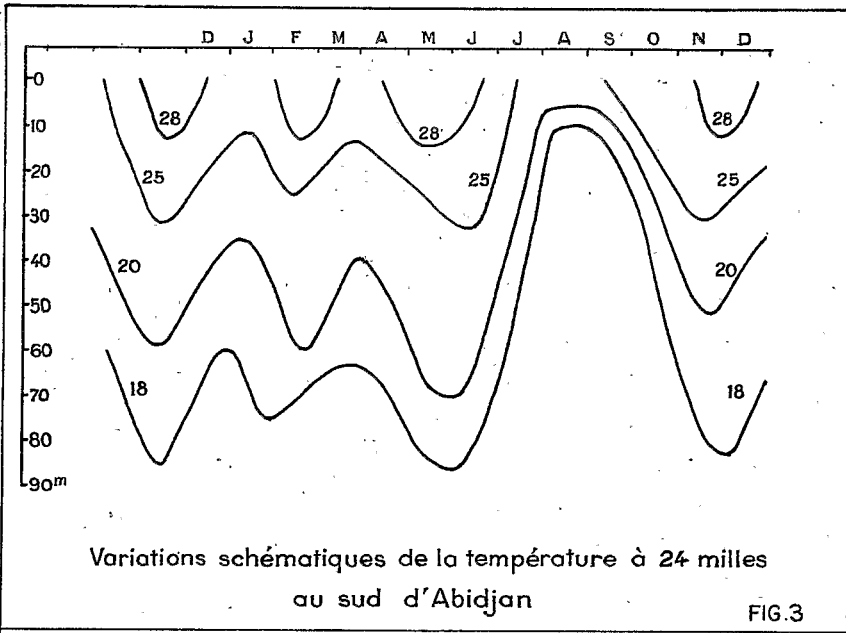
Deux catégories d'eau occupent la majeure partie de l'année la région d'Abidjan : ce sont d'une part les eaux chaudes et dessalées, d'autre part les eaux froides et salées.

D'octobre à janvier, la région d'Abidjan est occupée par de l'eau chaude et dessalée : température de surface supérieure à 24° et salinité superficielle inférieure à $34,5 \text{ o/oo}$. G.R. BERRIT (1962) appelle ce type d'eau "eaux guinéennes". L'épaisseur de cette eau atteint 30 mètres en novembre-décembre. Elle peut provenir soit de la Baie de Biafra, soit de la région libérienne. Ces deux régions engendrent en effet en même temps des eaux très dessalées à la suite de la saison des pluies (juillet, août, septembre). Ces eaux chaudes et dessalées ont plus vraisemblablement pour origine la région du Libéria et sont transportées vers l'Est par le contre-courant équatorial dès que l'upwelling ne s'y oppose plus. D'ailleurs "Pilots Charts" et "Instructions Nautiques" indiquent que d'octobre à janvier le courant côtier porte en majeure partie à l'Est. Cependant l'autre origine n'est pas à rejeter catégoriquement car le courant géostrophique de surface calculé entre Abidjan et l'Equateur montre que le courant peut aussi porter à l'Ouest près de la côte en septembre-octobre. Enfin sur les diagrammes halins de G.R. BERRIT (1962), rien ne permet de trancher dans un sens ou dans l'autre.

En janvier, le refroidissement observé est à rapprocher de celui qu'on enregistre dans l'hémisphère Sud et qu'on appelle parfois "petite saison froide". Ce refroidissement est parfois peu sensible en surface mais on observe toujours une remontée des isothermes en profondeur. Il ne semble pas dû à un phénomène d'upwelling.

De février à mars, la région d'Abidjan est occupée en surface par de l'eau chaude mais dont la salinité est le plus généralement comprise entre $34,5 \text{ o/oo}$ et 35 o/oo . Cette eau est donc plus salée que les eaux appelées "guinéennes". Plusieurs faits militent en faveur d'une origine libérienne de

J.R. Donguy et M. Prive



Figures 3 à 6

ces eaux : a) les diagrammes halins de G.R. BERRIT (1962) montrent que des eaux de mêmes caractéristiques se trouvent alors au large du Libéria, b) on connaît trop peu le détail des courants de la région pour élucider complètement le problème de l'origine de ces eaux. Rappelons cependant que l'usage indique qu'entre le Cap Vert et le Cap des Palmes le courant change avec la saison, portant au Sud et au Sud-Est de janvier à juin et au Nord et Nord-Ouest de juin à août (Instructions Nautiques). On peut donc penser qu'il existe de janvier à juin un mouvement général des eaux vers l'Est ce qui expliquerait l'invasion de la région ivoirienne par des eaux provenant de la Côte des Graines alors qu'en période froide celles-ci seraient portées vers le Sénégal.

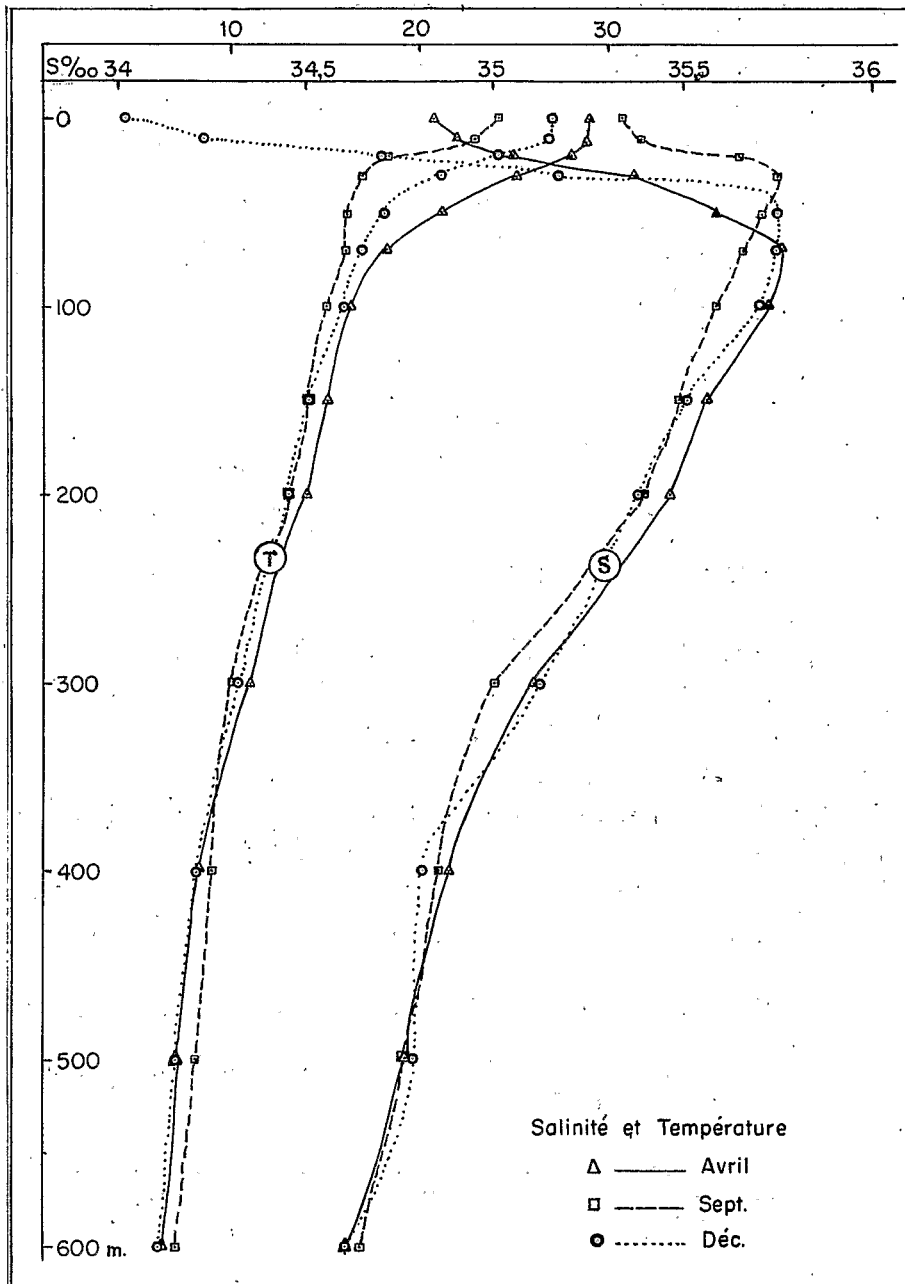
En mars-avril le refroidissement observé (fig.3) semble dû à l'influence de l'hiver boréal. Celui-ci s'observe un peu plus tôt (février-mars) devant le Libéria (G.R. BERRIT - 1962).

De juin à juillet, la dessalure des eaux peut s'expliquer par une forte pluviosité locale : il tombe en effet plus de 400 mm de pluies en juin entre le Cap des Palmes et le Cap des Trois Pointes.

La saison froide est très bien marquée de juillet à septembre et caractérisée par de l'eau froide et salée (fig.6). Son maximum d'intensité s'observe en août et septembre. Elle est due à un phénomène d'upwelling qui accentue les effets de l'hiver austral: on observe en effet une remontée d'eau froide et salée, ($S > 35$ o/oo en surface) comme le montre une coupe effectuée en septembre 1961 devant Abidjan. Cet upwelling a été mis en évidence par F. VARLET (1958) qui a clairement montré que son origine était due au renforcement des vents de Sud-Ouest parallèles à la côte qui induisent un flux d'eau vers le large. Le refroidissement côtier dû à l'upwelling est très net : devant Abidjan, la température s'abaisse jusqu'à 23° ; devant le Libéria à la même latitude, où se fait seulement sentir l'influence de l'hiver austral, la température ne descend qu'à 27° .

En résumé, le climat marin de la région d'Abidjan est un climat austral presque pur. Il peut être rapproché avec intérêt des climats observés à Cotonou, Lomé et Pointe-Noire (fig.5). Les courbes de température sont du même type avec un minimum accentué pendant l'hiver austral, un maximum pendant l'été austral et un minimum secondaire en mars-avril reconnaissable à Cotonou et à Abidjan. On voit que la saison froide accroît son retard par rapport à l'hiver austral lorsqu'on se rapproche de l'Atlantique Nord : à Pointe-Noire, le minimum de température s'observe en juillet, à Cotonou au début août et à Abidjan début septembre.

La figure 7 montre les variations de température et de salinité avec la profondeur en avril, en septembre et en décembre. On remarque que de septembre à avril l'immersion de la thermocline augmente en même temps que la température superficielle. De même si le maximum de salinité a une valeur constante, son immersion augmente de la même manière de septembre à avril.



JR Donguy et M. Prive

Figure 7

Sur la courbe T-S globale on retrouve toutes les caractéristiques de l'Atlantique Sud Tropical. L'eau centrale y est bien représentée par une droite. Cette droite a exactement les caractéristiques signalées par les travaux antérieurs dans la région intérieure du Golfe de Guinée (G.R. BERRIT - 1956) : 34,5 o/oo - 6° et 35,85 o/oo - 18°. On a donc la même eau centrale dans les deux régions. Le minimum de salinité (34,50 o/oo) se trouve aux environs de 800 m de profondeur. Son origine est l'eau subantarctique intermédiaire dont la salinité est de 34,19 o/oo lorsqu'elle quitte la surface et qui atteint donc ici 34,50 o/oo. Comme on peut admettre 6500 km de distance entre son origine et son arrivée devant Abidjan, on voit que la dilution moyenne peut être évaluée à 0,045 o/oo par 1000 km en accord avec la valeur donnée par A. DEFANT (1936) : 0,04 o/oo par 1000 km.

BIBLIOGRAPHIE

- G.R. BERRIT - Les saisons Marines à Pointe-Noire - Bulletin d'Information du C.O.E.C., X, 6 (juin 1958) pp.335-360.
- G.R. BERRIT - Résultats Scientifiques des Campagnes de la "Calypso" Fasc.IV - Océanographie Physique - Ann. Inst. Ocean. T.37 - 1959 - pp.37-73.
- G.R. BERRIT - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée - Observations de surface le long des lignes de navigation - Cahiers Océanographiques, XIII, 10, (déc.1961) pp.715-727; XIV, 9 (nov.1962) pp.633-643; XIV, 10 (déc.1962) pp.719-729.
- A. DEFANT - Die Troposphäre des Atlantischen Ozeans. Wiss. Erg. Deusch. Atl. Exp. Meteor 1926 - 27. Bd VI - I Teil, 1936.
- A. LONGHURST - A review of the Oceanography of the Gulf of Guinea. Bull. IFAN, XXIV, n°3, juillet 1962.
- G. SCHOTT - Geographie des Atlantischen Ozeans. Hambourg, 1944.
- F. VARLET - Le Régime de l'Atlantique près d'Abidjan - Etudes Eburnéennes VII, 1958.
- F. VARLET - Note sur l'hydrologie du plateau continental africain du Cap des Palmes au Cap des Trois Pointes - Bull. Inst. des Pêches Mar. du Maroc, n° 5, sept. 1960.
- Travaux du Centre de Recherches Océanographiques de Côtes d'Ivoire - Résultats hydrologiques - 1956 - 1959.