

## Les saisons marines devant Abidjan

par A. Morlière

### R E S U M E

Les résultats des observations bihebdomadaires réalisées à la station côtière d'Abidjan de Mars 1966 à Mars 1970 montrent l'alternance sur le plateau continental ivoirien d'eaux aux caractères bien différenciés. Quatre saisons marines ont été mises en évidence à partir de la répartition de l'ensemble des observations sur un diagramme T-S; elles caractérisent un climat de type austral analogue à celui observé à Pointe Noire.

### S U M M A R Y

From march 1966 to march 1970 some hydrographic observations were collected twice a week at a coastal station, off Abidjan. These data show the alternation of well defined water masses over the Ivorian Continental shelf. Grouping all observations on a T-S diagram it is possible to differentiate four marine seasons, which is typical of an austral type of climate such as is observed off Pointe Noire.

### INTRODUCTION

Sur le plateau continental ivoirien, des mouvements horizontaux et verticaux font alterner régulièrement des eaux aux caractères bien différenciés déterminant ainsi de véritables saisons marines pendant lesquelles les conditions hydrologiques évoluent peu à l'intérieur d'un domaine caractéristique de la saison; les paramètres varient rapidement pendant les périodes de transition qui séparent les différentes saisons.

Ce travail se propose de préciser les caractères des saisons marines devant Abidjan; il est fondé sur les quatre années d'observations (mars 1966 à mars 1970) à la station côtière située à 2 milles à l'ouest d'Abidjan sur les fonds de 20 mètres ( $5^{\circ}14'N - 4^{\circ}02'W$ ). Ces observations s'effectuent deux fois par semaine et comprennent des mesures hydrologiques (température et salinité à 0, 5, 10, 15 et 20 m) et des prélèvements de plancton.

L'étude des variations saisonnières dans cette région a déjà été abordée par F. VARLET (1958) et J. R. DONGUY, M. PRIVE (1963). F. VARLET a utilisé des mesures de surface réalisées à la côte; J. R. DONGUY et M. PRIVE ont opéré au large au-delà du plateau continental et ont pu donner les grandes lignes des variations saisonnières entre Abidjan et l'équateur.

Il a paru nécessaire de préciser ces variations, surtout au niveau du plateau continental où les conséquences des upwellings sont plus marquées; d'autre part la plus grande densité des mesures permet de mieux saisir les fluctuations rapides des paramètres.

## CONDITIONS GENERALES

### 1. - Les masses d'eau

Dans les régions tropicales de l'Atlantique, existe en permanence une couche mince d'eau tropicale superficielle dont la température est élevée et la salinité variable; cette couche recouvre une zone de discontinuité de densité au-dessous de laquelle se trouve l'eau centrale sud-Atlantique.

La couche de surface située au-dessus de la thermocline a une épaisseur variable entre 30 et 40 mètres en fonction de la latitude et de la saison.

Le littoral ivoirien bien que situé par  $5^{\circ}N$  est soumis aux influences australes et en particulier aux alizés australs. Pendant l'été austral, entre Abidjan et l'équateur, la température de la couche de surface reste supérieure à  $28^{\circ}C$  et la salinité inférieure à 35‰; le refroidissement lié à l'hiver austral entraîne un abaissement de la température ( $T < 25^{\circ}C$ ) et une augmentation de la salinité surtout près de la côte.

L'existence d'une thermocline et d'une halocline à des immersions proches entraîne l'existence d'une couche de discontinuité de la densité.

La thermocline présente un point haut fortement marqué; le point bas (18°C) est accompagné d'un maximum de salinité (35,8‰) dont l'origine subtropicale est à préciser (LONGHURST 1962); il marque une limite peu nette avec l'eau Centrale.

Dans le Golfe de Guinée existent en permanence des masses d'eau chaudes et peu salées (BERRIT 1966) résultant des fortes précipitations et des apports fluviatiles. Les deux principales zones de formation : les côtes du Libéria et la baie de Biafra sont situées de part et d'autre de la Côte d'Ivoire.

Sur le littoral ivoirien, les vents et les courants vont créer des mouvements horizontaux et verticaux qui vont faire alterner ces différentes eaux : eau tropicale superficielle, eau subtropicale du maximum de salinité et eaux guinéennes déterminant ainsi les caractères des saisons marines.

## 2. - Les mouvements

Au printemps, par suite de l'extension vers le nord des hautes pressions de l'Atlantique Sud, les alizés australs du SE franchissent l'équateur; la force de Coriolis les fait dévier, et c'est avec une direction SW à WSW qu'ils atteignent la Côte d'Ivoire où ils créent un climat de mousson.

Cette mousson provoque entre la mi-mai et la mi-juillet d'abondantes précipitations sur le littoral ivoirien provoquant ainsi une desalure superficielle importante au voisinage de la côte.

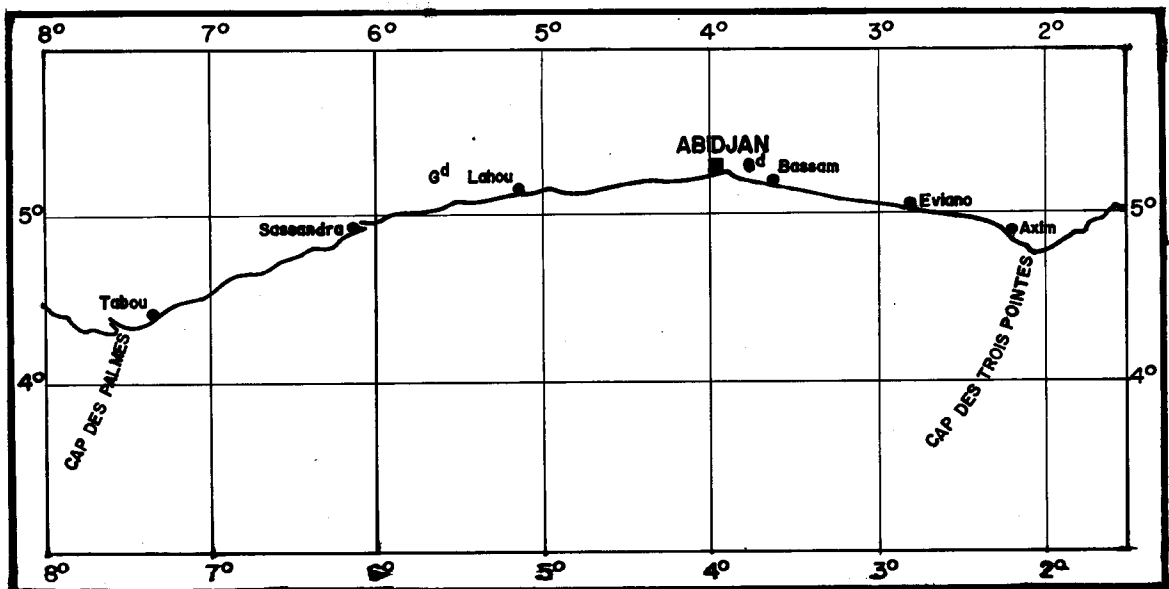


Fig. 1 -

Ces vents réguliers sont générateurs d'upwelling du fait de l'orientation favorable de la côte : les vents sont parallèles à celle-ci entre le Cap des Palmes et Sassandra et c'est dans cette zone que l'upwelling atteindra son maximum d'intensité; entre Sassandra et Abidjan l'orientation de la côte par rapport au vent est encore favorable à l'upwelling; d'Abidjan à Axim l'orientation est neutre, c'est à dire qu'il peut y avoir plongée ou remontée des eaux suivant les fluctuations de la direction des vents; de Axim au Cap des Trois Pointes la direction des vents est favorable à une accumulation des eaux.

En juillet la mousson remonte vers le nord du pays: les pluies cessent, les vents se stabilisent ainsi que l'upwelling : c'est le début de la période froide.

Octobre voit le recul du front de mousson, ce qui provoque une deuxième période de pluie, moins importante que la première, et l'arrêt des remontées d'eau.

Pendant la période d'upwelling il y a donc une masse d'eau froide le long du littoral ivoirien, les eaux les plus froides ( $18^{\circ}\text{C}$  -  $35,5\text{‰}$ ) se trouvant à l'ouest. La température augmente vers l'est et vers le large, la salinité variant en sens inverse. Il existe au niveau du Cap des Palmes une zone frontale très marquée ( $16^{\circ}\text{C}$  -  $35,5\text{‰}$  et  $26^{\circ}\text{C}$  -  $34\text{‰}$  à 23 milles de distance de part et d'autre du Cap des Palmes en juillet 1969). Cette zone frontale sépare les eaux d'upwelling d'une masse d'eau chaude et dessalée : les eaux guinéennes (BERRIT 1966) accumulées le long de la côte du Libéria.

Les eaux les plus froides observées dans la région de développement maximum de l'upwelling sont entraînées vers l'est par le courant de Guinée si bien que dans les régions situées plus à l'est où l'orientation de la côte est moins favorable à l'upwelling il se produit certainement un refroidissement apparent supplémentaire lié à ces transports vers l'est (BERRIT 1962).

A l'issue de cette période, quand cessent les remontées d'eau (octobre), les eaux guinéennes se répandent le long de la Côte d'Ivoire qui se trouve alors baignée d'eaux chaudes et peu salées ( $28^{\circ}\text{C}$  -  $34\text{‰}$  à 10 mètres.)

Les pluies d'octobre, ainsi que la crue des fleuves provoquent une dessalure superficielle supplémentaire; les gradients de salinité restent cependant beaucoup plus faibles qu'en juin dans les eaux de

surface du fait de la présence des eaux guinéennes dont l'épaisseur atteint 30 mètres.

L'hypothèse d'une origine est des eaux peu salées (DONGUY 1964) n'est pas à exclure, car devant Grand-Bassam, les observations de courant en octobre (1967 - 1968 - 1969) ont montré une renverse du courant superficiel qui à cette époque coule donc vers l'ouest.

En janvier un faible upwelling se développe dans la région ouest de la Côte d'Ivoire (Tabou - Sassandra) ce qui a pour effet de remplacer les eaux guinéennes par des eaux "océaniques" plus salées ( $S > 35\text{‰}$ ) et plus froides ( $T < 25^{\circ}\text{C}$ ). La force du vent et celle du courant conditionnent l'intensité et l'extension du phénomène.

Cet upwelling faible semble se maintenir pendant les cinq premiers mois de l'année avec des variations importantes dont les conséquences, dans les régions situées plus à l'est, sont des fluctuations de la température et de la salinité dont l'amplitude, le nombre et la position dans l'année varient d'une année à l'autre.

#### CARACTERES GENERAUX DES SAISONS MARINES DEVANT ABIDJAN

L'année se divise en deux périodes : une période chaude de novembre à juin et une période froide de juillet à octobre.

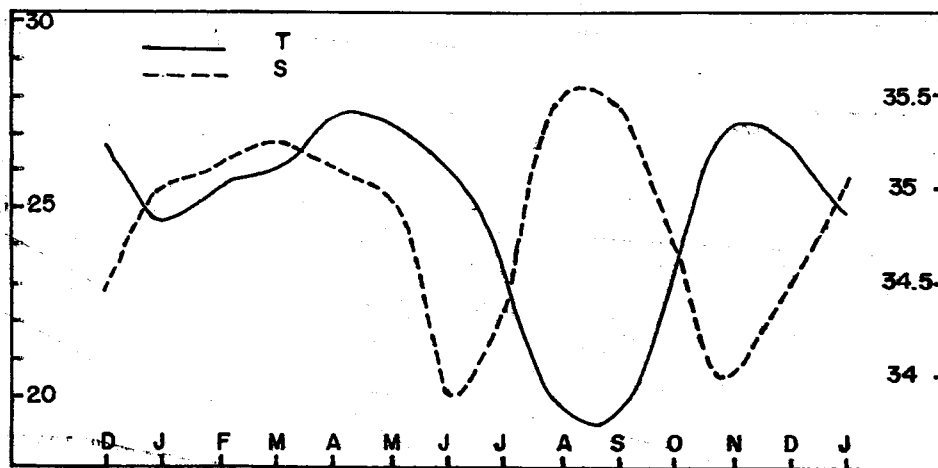


Fig. 2 - Température et Salinité à Abidjan. (Moyennes mensuelles à 10m - 1966 à 1970).

Si la période froide est caractérisée par des eaux froides ( $T < 22^{\circ}\text{C}$  à 10 mètres, et salées ( $S > 35\text{‰}$ ) et constitue de ce fait une saison bien définie, qui est la grande saison froide, il n'en est pas de même pour la période chaude dont les caractéristiques varient, ce qui permet de discerner plusieurs saisons.

Novembre et décembre aux eaux chaudes et dessalées ( $T > 26^{\circ}\text{C}$   $S < 34,8\text{‰}$  à 10 mètres) constituent la petite saison chaude.

En janvier une courte période de froid vient interrompre la période chaude : c'est la petite saison froide ( $T < 24^{\circ}\text{C}$  -  $S > 35\text{‰}$  à 10 mètres). Ensuite, jusqu'en juin, c'est la grande saison chaude aux eaux chaudes et salées ( $T > 25^{\circ}\text{C}$  -  $S > 35\text{‰}$  à 10 mètres). Cette saison peut être brusquement interrompue par des refroidissements liés à des phénomènes d'upwelling dus aux vents.

Deux saisons des pluies de part et d'autre de la grande saison froide constituent des périodes de transition à très faible salinité de surface : la première ou grande saison des pluies en juin, la deuxième ou petite saison des pluies en octobre.

On distingue donc les saisons suivantes :

- petite saison froide : janvier
- grande saison chaude : de février à mai
- grande saison froide : de juillet à début octobre
- petite saison chaude : en novembre et décembre.

Les critères d'établissement des saisons sont pris à 10 mètres afin de minimiser les perturbations de surface tout en conservant une certaine amplitude aux variations. Ces critères sont choisis au vu de la répartition de l'ensemble des mesures des quatre années sur un diagramme T-S . Chaque saison est caractérisée par une surface du diagramme T-S .

La distinction entre grande saison chaude et petite saison froide n'étant pas aisée sur le diagramme T-S (fig. 2.) on a pris le critère dans une zone à variation rapide de la température.

#### 1. - Petite saison froide (janvier)

Dès la fin décembre, des eaux froides ( $T < 22^{\circ}\text{C}$ ) et salées ( $S > 35\text{‰}$ ) font leur apparition à 20 mètres. Il s'agit de remontées d'eaux liées à un phénomène d'upwelling dans les régions à l'ouest d'Abidjan.

On considère la saison établie lorsque, à 10 mètres la température reste inférieure à 24°C pendant que la salinité reste supérieure à 35 ‰.

Cette saison débute fin décembre pour se terminer dans la deuxième partie de janvier : la durée moyenne observée est de deux semaines. Elle est donc très brève mais elle peut être très marquée comme en janvier 1967 (  $T < 21^{\circ}\text{C}$  à 10 mètres,  $S > 35,5 \text{ ‰}$ ); on retrouve alors les mêmes caractères que pendant la grande saison froide.

Durant cette saison les eaux sont caractérisées à 10 mètres par une température comprise entre 20 et 24°C et une salinité comprise entre 35 et 35,6 ‰ (fig. 2).

#### CONDITIONS MOYENNES OBSERVEES PENDANT LA PETITE SAISON FROIDE

( 1967 - 1968 - 1969 - 1970 )

Durée : 2 semaines  
Transparence : 15 mètres

	T°C	S‰
0 m	25,4	34,9
10 m	23,2	35,3
20 m	22,1	35,4

#### 2. - Grande saison chaude (février à mai )

A l'issue de la petite saison froide, le réchauffement est très rapide. La température s'élève au-dessus de 26°C tandis que la salinité reste voisine de 35 ‰. C'est la grande saison chaude aux eaux océaniques chaudes et salées qui s'installent depuis février jusqu'au début de la grande saison des pluies fin mai - début juin.

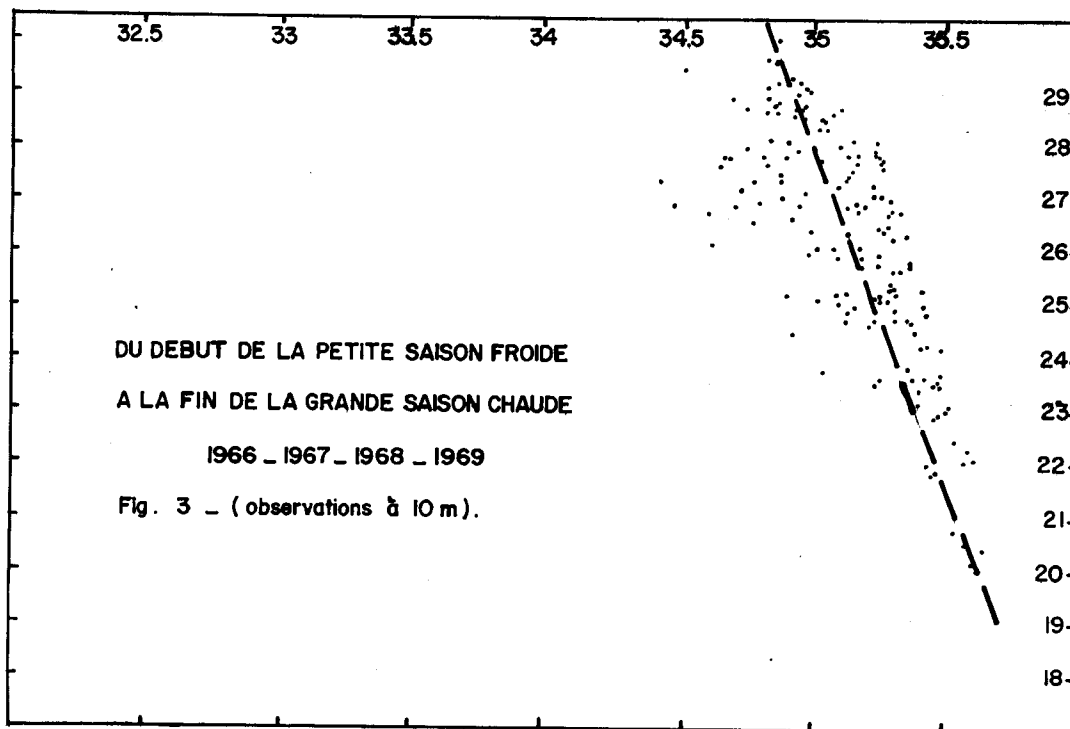
Avril et mai voient généralement le maximum d'intensité de la saison. Des refroidissements liés à des phénomènes d'upwelling peuvent venir modifier les conditions moyennes typiques. Le vent est la cause principale de ces upwellings mais des variations dans l'intensité du courant de Guinée entraînant un réajustement géostrophique jouent certainement un rôle important ( INGHAM 1970).

De brève durée, ces refroidissements sont variables en intensité et en position et peuvent être suffisants pour créer les conditions d'une seconde petite saison froide (1966-1967-1969-1970).

A part ces périodes de refroidissement la grande saison chaude est caractérisée par une température à 10 mètres comprise entre 25 et 30°C, la salinité variant en sens inverse entre 35,5 et 34,7‰.

Il est à noter que les caractéristiques T, S à 10 mètres évoluent pendant les cinq premiers mois de l'année à l'intérieur d'un triangle autour de la droite :

$$S = 37,285 - 0,0825 T \text{ (fig.3)}$$



On constate que les eaux observées à 10 mètres résultent d'un mélange entre des eaux de surface de caractéristiques voisines de  $T = 29^{\circ}\text{C} - S = 34,9\text{‰}$  et les eaux subtropicales caractérisées par un maximum de salinité de 35,8‰ pour une température de 18°C, ces dernières constituant les eaux type de saison froide.



Au vu de la répartition sur le diagramme T-S des observations pendant les cinq premiers mois de l'année, la distinction entre grande saison chaude et petite saison froide peut paraître artificielle. En effet, il ne semble pas y avoir de discontinuité dans les caractéristiques des masses d'eau pendant cette période, les seules différences provenant des proportions des eaux constituant le mélange observé.

Cependant on a tenu à différencier le refroidissement qui se produit en janvier pour tenir compte de sa régularité et aussi par analogie avec le cycle saisonnier observé à Pointe-Noire (BERRIT 1958).

CONDITIONS MOYENNES OBSERVEES PENDANT LA GRANDE  
SAISON CHAUDE  
(1966 - 1967 - 1968 - 1969 )

Durée :	114 jours	
Transparence :	12 mètres	
	T°C	S‰
0 m	27,6	34,9
10 m	26,7	35,2
20 m	25,0	35,3

3. - Grande saison froide (juillet à septembre)

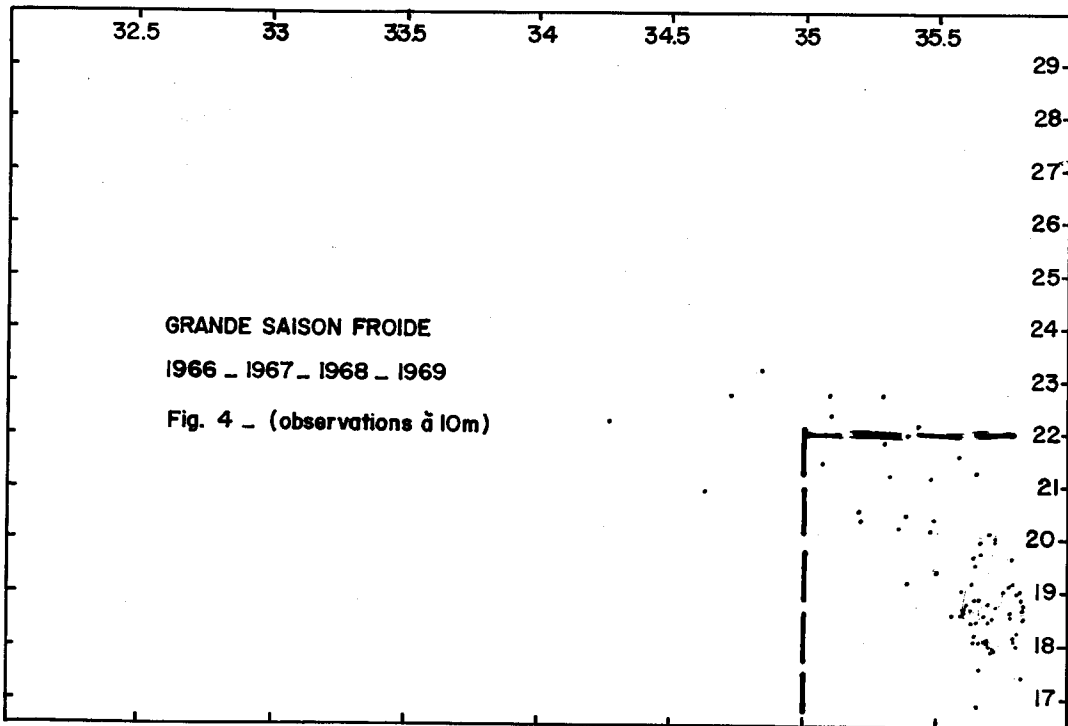
Au printemps boréal les alizés australs, franchissant l'équateur viennent créer sur la Côte d'Ivoire un régime de mousson, ce qui se traduit par une période à fortes précipitations suivie par une période sèche pendant laquelle soufflent les prolongements boréals des alizés australs.

Ces vents faibles mais réguliers sont suffisants pour déclencher un upwelling dont l'importance varie de l'ouest à l'est de la Côte d'Ivoire.

De Sassandra à Abidjan l'orientation de la côte est sensiblement E-W; d'Abidjan à Axim la côte est orientée ESE; les vents dominant à partir de juin jusqu'en octobre ont des directions variant entre SW et WSW. Abidjan se trouve donc à la frontière d'une région propice au développement d'un upwelling et d'une région neutre située à l'est.

A ce phénomène d'upwelling est lié une remontée (d'une trentaine de mètres) en même temps qu'une forte dégradation de la thermocline qui arrive le plus souvent en surface, si bien que les eaux (18°C - 35‰) rencontrées à 10 mètres sont des eaux qui, pendant la saison chaude, se trouvent au bas de la thermocline.

La saison est considérée comme établie lorsque la température à 10 mètres est inférieure à 22°C, la salinité est alors supérieure à 35 ‰ (fig. 4).



La grande saison froide dure en moyenne deux mois et demi, elle débute dans la deuxième moitié de juillet pour se terminer en octobre lorsque les vents alizés faiblissent.

Cependant les résultats de la station côtière d'Abidjan montrent un réchauffement des eaux marquant la fin de la saison froide alors que la direction et la force des vents n'ont pas sensiblement varié.

Les mesures de courant effectuées en 1968 et 1969 ont montré qu'à cette époque existe un courant portant à l'ouest en surface devant Grand-Bassam alors que pendant le reste de la saison le courant porte à l'est.

Il semble donc que le refroidissement dû à l'upwelling dans la région d'Abidjan soit renforcé par des transports zonaux vers l'est.

Quand ces transports vers l'est ne sont plus sensibles devant Abidjan, on observe un réchauffement, alors que les conditions de l'upwelling dû aux vents n'ont pas encore sensiblement changé; ce qui confirme le rôle du courant de Guinée dans le mécanisme de l'upwelling (INGHAM 1970).

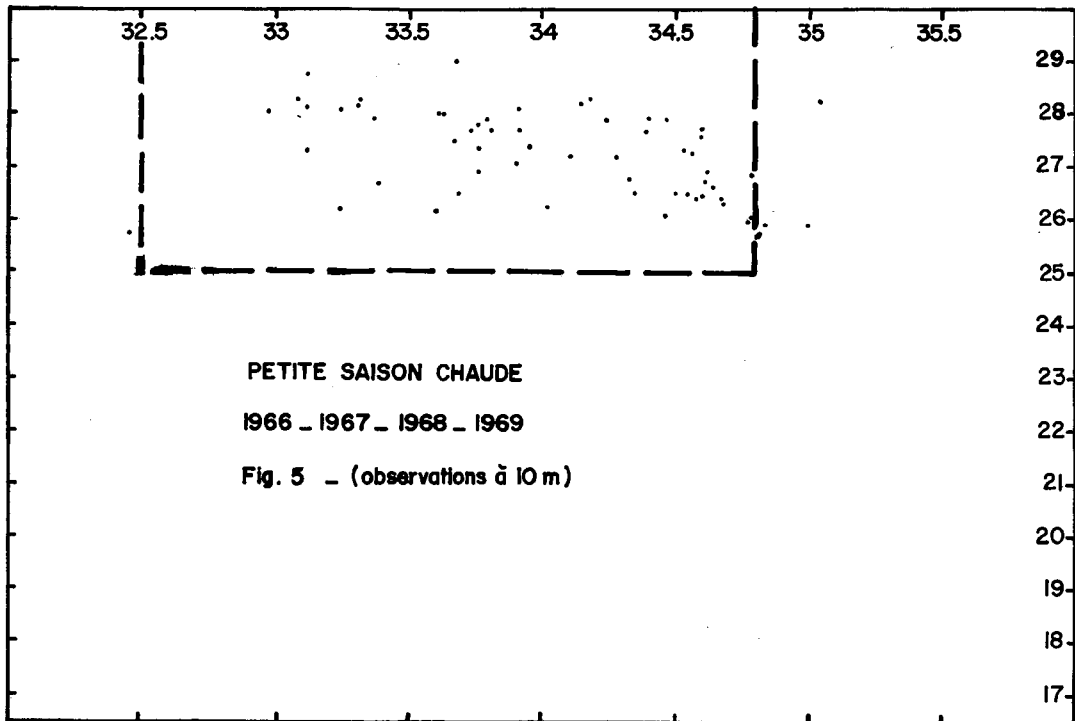
CONDITIONS MOYENNES OBSERVEES PENDANT LA GRANDE  
SAISON FROIDE  
(1966 - 1967 - 1969 )

Durée : 84 jours (73 j)\*  
Transparence : 7 mètres

	T°C	S‰
0 m	21,8 (22,3)	35,0 (34,8)
10 m	19,2 (19,8)	35,6 (35,6)
20 m	18,1 (18,5)	35,7 (35,7)

4. - Petite saison chaude (novembre - décembre)

Le recul de la mousson en octobre entraîne une nouvelle saison de pluie et l'arrêt des remontées d'eau à la côte, ce qui permet aux eaux guinéennes, accumulées du côté libérien du Cap des Palmes, de



\* Les valeurs entre parenthèses sont les moyennes obtenues en tenant compte de l'année 1968 où la grande saison froide a été très faiblement marquée.

s'écouler vers l'est le long de la côte au lieu d'être repoussées au large par les eaux d'upwelling.

Ces eaux chaudes et peu salées dont la température est comprise entre 26 et 29°C et la salinité inférieure à 34,8‰ se répandent le long du littoral ivoirien : c'est la petite saison chaude (fig. 5).

Elle s'installe au début de novembre et se termine, dans la deuxième partie de décembre. Sa durée moyenne est de deux mois.

Le critère d'établissement de la petite saison chaude est la permanence à 10 mètres d'eaux de température supérieure à 25°C et dont la salinité reste inférieure à 34,8‰.

CONDITIONS MOYENNES OBSERVEES PENDANT LA PETITE  
SAISON CHAUDE  
( 1966 - 1967 - 1968 - 1969 )

Durée : 59 jours  
Transparence : 12 mètres

	T°C	S‰
0 m	27,7	33,0
10 m	27,1	34,1
20 m	26,2	34,7

5. - Périodes de transition

Grande saison des pluies (mai - juin)

De la fin mai au début juillet des précipitations importantes (50% des précipitations annuelles) provoquent une dessalure importante de l'eau de surface en même temps qu'un léger refroidissement.

Le gradient de salinité entre la surface et 20 mètres est considérable : les eaux de surface voient leur salinité descendre en dessous de 32‰ alors qu'à 20 mètres la salinité se maintient à 35‰.

Pendant cette période de transition les caractéristiques T, S sont essentiellement variables.

Petite saison des pluies (fin octobre)

La petite saison des pluies (fin octobre-début novembre) liée au repli de la mousson vers le Sud provoque une nouvelle dessalure.

Les précipitations étant moins abondantes qu'en juin la dessalure est aussi moins importante, bien que la crue des fleuves à cette époque ait tendance à accentuer la dessalure à la côte.

Le phénomène est différent de celui de mai-juin, car ces pluies tombent en même temps que s'installent les eaux guinéennes chaudes et dessalées; les gradients de salinité entre la surface et 20 mètres sont beaucoup plus faibles qu'en juin.

Les caractéristiques T, S sont alors intermédiaires entre celles de grande saison froide et celles de petite saison chaude.

## CONCLUSION

L'important refroidissement de juillet à octobre, conséquence de l'extension des influences australes au Nord de l'équateur, fait du climat marin dans la région d'Abidjan un climat de type austral que l'on peut rapprocher de celui observé à Pointe-Noire (fig. 6).

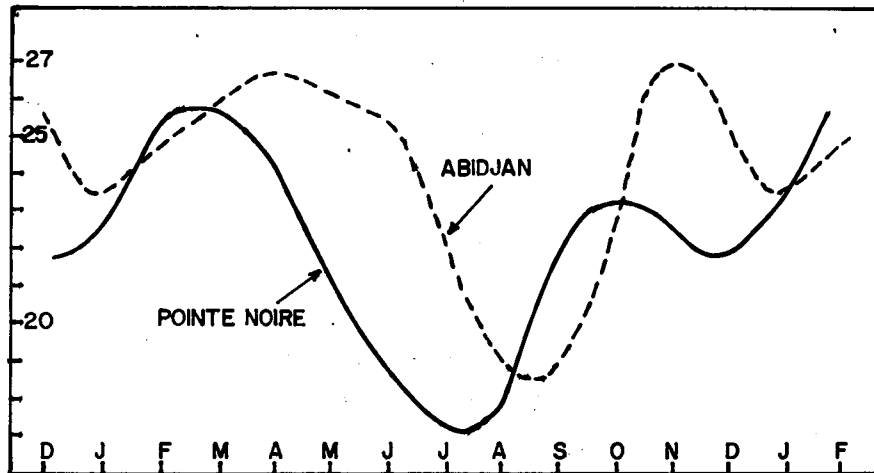


Fig. 6 - . Moyennes mensuelles des Températures à 15m à Abidjan et à Pointe Noire

Les cycles annuels de température sont semblables; cependant la différence de position géographique entre ces deux régions entraîne un décalage dans la durée de la date d'établissement des saisons marines.

Ceci est particulièrement net pour la grande saison froide qui arrive plus tard et dure moins longtemps à Abidjan; le décalage de un mois et demi entre les minima de température s'explique par le temps que met le front de la mousson pour atteindre Abidjan.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERRIT, G. R. (1958) - Les saisons marines à Pointe-Noire. Bull. Infor. C. O. E. C., 10, 6, pp. 335-360
- BERRIT, G. R. (1961-1962) - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. - Observations de surface le long des lignes de navigation. Bull. Infor. C. O. E. C., 14, 10, pp. 719-729
- BERRIT, G. R. (1966) - Les eaux dessalées du Golfe de Guinée. Doc. Scient. prov. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 9, 15 p.
- DONGUY, J. R. et PRIVE, M. (1964) - Les conditions de l'Atlantique entre Abidjan et l'équateur. Bull. Infor. C. O. E. C., 16, 3, pp. 193-204
- INGHAM, M. C. (1970) - Coastal upwelling in the northwestern Gulf of Guinea. Bull. Mar. Sci., 20, 1, pp. 1-34
- LONGHURST, A. R. (1962) - A review of the oceanography of the Gulf of Guinea. Bull. IFAN, 24, 3, pp. 633-663
- VARLET, F. (1958) - Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan. Etudes Eburnéennes, 7, pp. 97-222

ANNEXE: Conditions moyennes observées pendant les différentes saisons.

	1966	1967	1968	1969	1970
P.S.F.		Du 16 au 30/1 (14 jours) Secchi: 16 m 0 24,7 35,1 10 22,4 35,4 20 20,6 35,5	Du 8 au 26/1 (18 jours) Secchi: 12 m 0 25,1 34,9 10 23,4 35,3 20 22,0 35,4	Du 4 au 15/1 (11 jours) Secchi: 17 m 0 25,2 35,1 10 23,2 35,4 20 22,3 35,5	Du 8 au 18/1 (10 jours) Secchi: 13 m 0 26,4 34,5 10 23,7 35,0 20 23,3 35,3
G.S.C.	Du...au 11/6  Secchi: 12 m 0 27,5 34,8 10 26,5 35,1 20 25,1 35,2  Coupure nette du 26/4 au 11/5 10 22,3 35,4	Du 1/2 au 25/5 (114 jours) Secchi: 13 m 0 26,9 35,1 10 26,0 35,3 20 24,5 35,4  Plusieurs coupures dont une très nette du 22/3 au 5/4 10 23,2 35,4	Du 4/2 au 12/6 (120 jours) Secchi: 12 m 0 27,1 34,9 10 26,2 35,2 20 24,7 35,3  Deux coupures début mars et 2è quinzaine d'avril	Du 31/1 au 20/5 (110 jours) Secchi: 13 m 0 28,7 34,8 10 28,0 35,0 20 25,8 35,2  Coupure très nette du 18/2 au 1/3 10 23,1 35,5	
G.S.F.	Du 31/7 au 18/10 (79 jours) Secchi: 6 m 0 22,8 34,5 10 19,7 35,5 20 18,0 35,6	Du 22/7 au 25/10 (95 jours) Secchi: 6 m 0 20,8 34,9 10 18,8 35,7 20 18,0 35,7	Du 16/8 au 26/9 (41 jours) Secchi: 8 m 0 23,8 34,5 10 21,4 35,3 20 19,7 35,6	Du 17/7 au 2/10 (77 jours) Secchi: 8 m 0 21,7 35,3 10 19,1 35,7 20 18,2 35,8	
P.S.C.	Du 3/11 au 29/12 (56 jours) Secchi: 13 m 0 28,2 33,5 10 27,6 34,2 20 26,6 34,6	Du 2/11 au 6/1 (65 jours) Secchi: 11 m 0 26,8 33,8 10 26,3 34,3 20 25,7 34,9	Du 10/10 au 20/12 (71 jours) Secchi: 12 m 0 28,1 31,4 10 27,6 33,7 20 26,8 34,6	Du 10/11 au 23/12 (43 jours) Secchi: 12 m 0 27,7 33,3 10 26,9 34,3 20 25,6 34,9	