

HYDROCLIMATOLOGIE DES RÉGIONS CÔTIÈRES DE L'ANGOLA

Description des variations saisonnières à Lobito et Lucira

Georges R. BERRIT* et C. A. DIAS**

* G. R. Berrit, O.R.S.T.O.M., 24, rue Bayard, 75 008 Paris

** C. A. Dias, Missão de Estudos Bioceanológicos e de Pescas de Angola, C.P. 677, Lobito, Angola

RÉSUMÉ

Les hydroclimats en deux points de la côte angolaise sont décrits sur la base de cinq années d'observations quasi quotidiennes de température, salinité, transparence Secchi, couleur. A Lobito les mesures ont été faites à quatre niveaux au-dessus d'un fond de 40 m; à Lucira en surface seulement.

Le cycle thermique moyen, sensiblement le même à tous les niveaux, est caractérisé par la présence de deux maximums et deux minimums annuels dont la variabilité calendaire interannuelle atteint 2 mois. L'amplitude de variation annuelle décroît avec la profondeur de 10 °C en surface à 7 °C à 35 m.

La variabilité interannuelle du maximum principal est de 4 °C environ, celle du minimum principal de 1,5 °C.

Au niveau des moyennes par quinzaine, la variabilité interannuelle est en corrélation avec la température, les plus fortes variabilités affectant les quinze jours les plus chaudes.

Les saisons chaudes et froides sont examinées avec les mêmes critères qu'à Pointe-Noire: il n'y a pas, ni à Lucira, ni à Lobito, de Petite Saison Chaude, mais seulement une élévation de la température qui partage la saison froide en deux, Grande et Petite, cette dernière de durée très variable. La variabilité quotidienne, de l'ordre du degré, affecte toute la tranche de 0 à 35 m; elle évoque un effet d'ondes internes.

La salinité moyenne annuelle est nettement plus faible à Lobito qu'à Lucira. Elle augmente rapidement avec la profondeur. Les variations de salinité sont essentiellement un phénomène de surface dans les 10 premiers mètres. Il y a deux périodes de dessalure; la plus marquée est concomitante au maximum principal de température et se produit généralement en mars. La seconde, liée au maximum secondaire de température, n'est plus perceptible à Lucira. Le cycle halin annuel est assez variable, en intensité et en position calendaire. La fluctuation est du même ordre — 2 mois — que celle de la température et lui paraît liée. La dessalure principale, à Lobito, a varié de 33,19 ‰ à 35,34 ‰. Il y a corrélation entre variabilité et dessalure, les faibles valeurs de S correspondant aux plus fortes variabilités de quinzaine. A l'échelle de la quinzaine, il y a concomitance entre les dessalures à Lobito et à Lucira.

La couleur de l'eau semble peu liée aux conditions hydrologiques, bien qu'en saison chaude les eaux soient généralement plus bleues. La variabilité d'une année à l'autre est considérable. Les eaux brunes ne sont pas très rares. La transparence Secchi est, en moyenne, de 7 m. Elle est maximum en saison chaude avec 9 m, minimum en saison froide avec 5 m.

ABSTRACT

The hydroclimates at two stations of the Angola coast are described, on the basis of 5 years of near-diurnal measurements of temperature, salinity, Secchi disc and colour. At Lobito, measurements have been made at 4 levels above a depth of 40 m. Only surface conditions were observed at Lucira.

For the mean annual cycle of temperature, nearly the same at every level, we notice two maxima and two minima,

which vary by two months from one year to another. The variations of the annual amplitude decrease with depth, from 10 °C at the surface to 7 °C at the 35 m level.

The main maximum fluctuates, from one year to another, by about 4 °C. For the main minimum we have observed about 1,5 °C.

The interannual variability for 15 days-periods is correlated with the temperature values, high variabilities corresponding to high temperatures.

The warm and cold seasons are described with the same criteria as those at Pointe-Noire: there is no little warm season, neither in Lobito nor in Lucira, but only an increase of temperature, which separates the cold season into great and little cold season. The daily variability is of order of 1 °C and does not decrease with depth, perhaps as an effect of internal waves.

The annual mean salinity is clearly lower at Lobito than at Lucira. It increases sharply with the depth. The variations of salinity are, on the average, a surface phenomenon within the first 10 m layer.

We notice two periods of low salinity waters. The main period, at the same time as the main temperature maximum, occurs generally in march. The second, linked with the secondary maximum of temperature, is not observed at Lucira.

The mean annual cycle of salinity is variable, as well in intensity as in calendar position. Calendar position and temperature have the same fluctuation order — 2 months — and seems to be linked with it. The main desalination, in Lobito, varies from 33,19 ‰ to 35,34 ‰. Haline interannual variability of the 15 days mean values is correlated with salinity; to low salinities correspond high values of variability. With the same time scale (15 days) desalination in Lobito and Lucira occurs at the same time.

The water colour does not seem to be very linked with hydrological conditions. Though warm waters are generally more blue. The variability from one year to another is enormous. Discoloured waters are not very rare. The mean transparency is 7 m; its maximum occurs in the warm season, with 9 m; its minimum is in the cold season with 5 m.

RESUMO

Descrevem-se os hidroclimas em dois pontos da costa de Angola com base em cinco anos de observações quase diárias de temperatura, salinidade, transparência Secchi e côr do mar. No Lobito as medições efectuaram-se em quatro níveis sobre um fundo de 40 m. Na Lucira foram apenas observadas as condições de superfície.

O ciclo térmico anual médio, aproximadamente o mesmo em todos os níveis, caracteriza-se pela presença de dois máximos e de dois mínimos anuais cuja variabilidade plurianual atinge os 2 meses. A amplitude da variação anual decresce com a profundidade: de 10 °C à superfície a 7 °C a 35 m. A variabilidade do máximo principal é de cerca de 4 °C e a do mínimo principal de 1,5 °C.

A variabilidade interanual para períodos de 15 dias está correlacionada com os valores da temperatura, correspondendo as mais altas variabilidades aos valores mais elevados da temperatura.

As estações quentes e frias são examinadas com os mesmos critérios que em Ponta Negra: — Não existe Pequena Estação Quente, nem na Lucira nem no Lobito, mas apenas uma elevação da temperatura que divide a estação fria em duas, Grande e Pequena, sendo esta última de duração muito variável.

A variabilidade diária, da ordem de 1 °C, afecta a camada de 0 a 35 m, sugerindo o efeito de ondas internas.

A salinidade média anual é nitidamente mais fraca no Lobito do que na Lucira, aumentando rapidamente com a profundidade.

As variações de salinidade são essencialmente um fenómeno de superfície nos primeiros 10 metros.

Existem dois períodos de dessalinação; a mais marcada é concomitante com o máximo principal da temperatura e ocorre geralmente em Março. A segunda, ligada ao máximo secundário da temperatura, não se observa na Lucira.

O ciclo salino anual médio é bastante variável, tanto na intensidade como na posição no calendário. A flutuação é da mesma ordem — 2 meses — que a da temperatura, parecendo estar-lhe ligada. A dessalinação principal no Lobito variou, no período observado, de 33,19 ‰ a 35,34 ‰.

A variabilidade dos valores médios quinzenais da salinidade está correlacionada com a salinidade; às salinidades baixas correspondem valores altos da variabilidade.

Na mesma escala temporal (15 dias), existe concomitância entre as dessalinações no Lobito e na Lucira.

A cor da água parece estar pouco ligada às condições hidrológicas, ainda que nas estações quentes as águas sejam em geral mais azuis. As águas castanhas não são muito raras.

A transparência Secchi é de 7 m sendo máxima — 9 m — na estação quente e mínima — 5 m — na estação fria.

INTRODUCTION

De précédents travaux (BERRIT, 1961 et 1962) ont défini le cadre hydroclimatique de la côte d'Afrique occidentale intertropicale. Les hydroclimats de quelques points ont été décrits : en zone d'alternance nord la baie de Gorée (BERRIT, 1952) ; dans la région des upwellings en face d'Abidjan (MORLIÈRE, 1970) ; dans la zone d'alternance sud à Pointe-Noire (BERRIT, 1958 ; DUFOUR et MERLE, 1972).

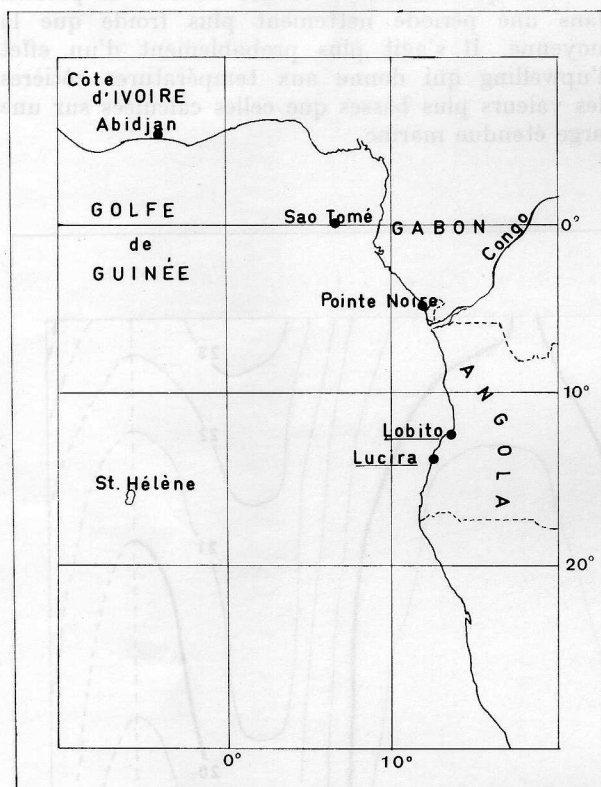


Fig. 1. — Positions des points d'observations.
Location of measurement stations.
Localização das estações de observação.

Nous décrivons ici l'hydroclimat en deux points de la partie la plus méridionale de la zone d'alternance sud. Les mesures ont été exécutées à Lobito (12°20' S ; 13°34' E) et à Lucira (13°51' S ; 12°31' E) (fig. 1) pendant une période de cinq ans : de février 1968 à avril 1973. Elles ont porté sur les températures et les salinités, la transparence Secchi, la couleur de l'eau. La fréquence des observations était de une par jour, sauf le dimanche ; aux profondeurs 0, 10, 20, 35 m à Lobito, au-dessus d'un fond de 40 m, en surface seulement à Lucira.

1. LA TEMPÉRATURE

1.1. La moyenne thermique annuelle (Annexe, tabl. IX)

Sur la période des mesures, les moyennes de surface obtenues à Lobito et Lucira sont de 22,8 et 20,8 °C respectivement. Pour le carré géographique correspondant, de 2° de côté, BOHNECKE (1936) donne une valeur moyenne annuelle de 23-24 °C.

La dispersion sur les cinq années de mesures est d'environ 1,5 °C en étendue à tous les niveaux.

La variabilité chronologique (voir 1.3) est élevée en surface, plus faible en profondeur :

Profondeur mètres	Moyenne des écarts entre 2 années successives à Lobito
0	1,37
10	0,45
20	0,50
35	0,72

1.2. Le cycle thermique annuel moyen (fig. 2 et 3)

Il est sensiblement le même aux différents niveaux entre la surface et 35 m. On observe un maximum principal en mars, un maximum secondaire en novembre, ce dernier léger en surface, mieux marqué aux niveaux plus profonds.

— Les minimums se placent, le principal en août, le secondaire en décembre-janvier à Lobito, janvier à Lucira.

— L'amplitude de la variation annuelle décroît de la surface à 35 m :

Amplitude de la variation annuelle calculée sur les moyennes mensuelles sur 5 ans	
Profondeur	Amplitude
0 m	9,9 °C
10	9,1
20	8,1
35	7,0

— L'époque du minimum principal (août) est en accord avec celle donnée par l'atlas de BOHNECKE (1936).

— Nous observons le maximum en mars alors que BOHNECKE (Beilage XXV) donne avril pour toute une région longeant la côte de 3° N à 15° S.

BOHNECKE n'indique pas la présence des maximums et minimums secondaires. Une étude antérieure (BERRIT, 1956) les a mis en évidence à Pointe-Noire

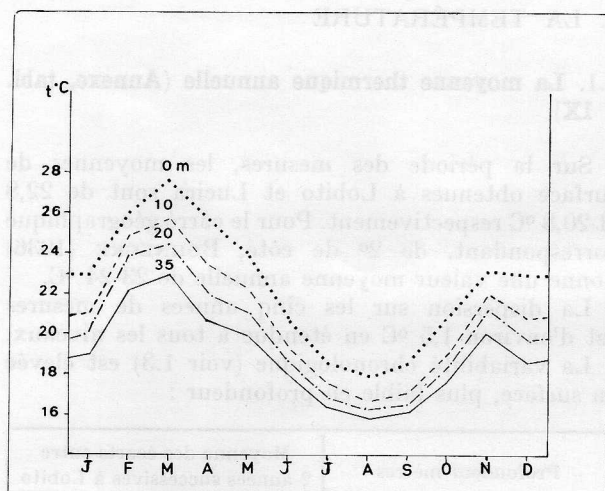


Fig. 2

(Congo). Les deux atlas des valeurs moyennes mensuelles (BOHNECKE, 1936 et MAZEIKA, 1968) permettent de tracer des diagrammes approximatifs de variations annuelles de la température de surface (fig. 4) qui font apparaître le maximum secondaire : en novembre pour BOHNECKE (en accord avec notre chronique), en décembre pour MAZEIKA.

On constate que les valeurs mesurées à Lobito en 1968-1973 sont sensiblement inférieures à celles données par les atlas pour des zones de 2° de côté, sauf toutefois en février et mars. On pourrait en conclure que les années de nos mesures se placent dans une période nettement plus froide que la moyenne. Il s'agit plus probablement d'un effet d'upwelling qui donne aux températures côtières des valeurs plus basses que celles calculées sur une large étendue marine.

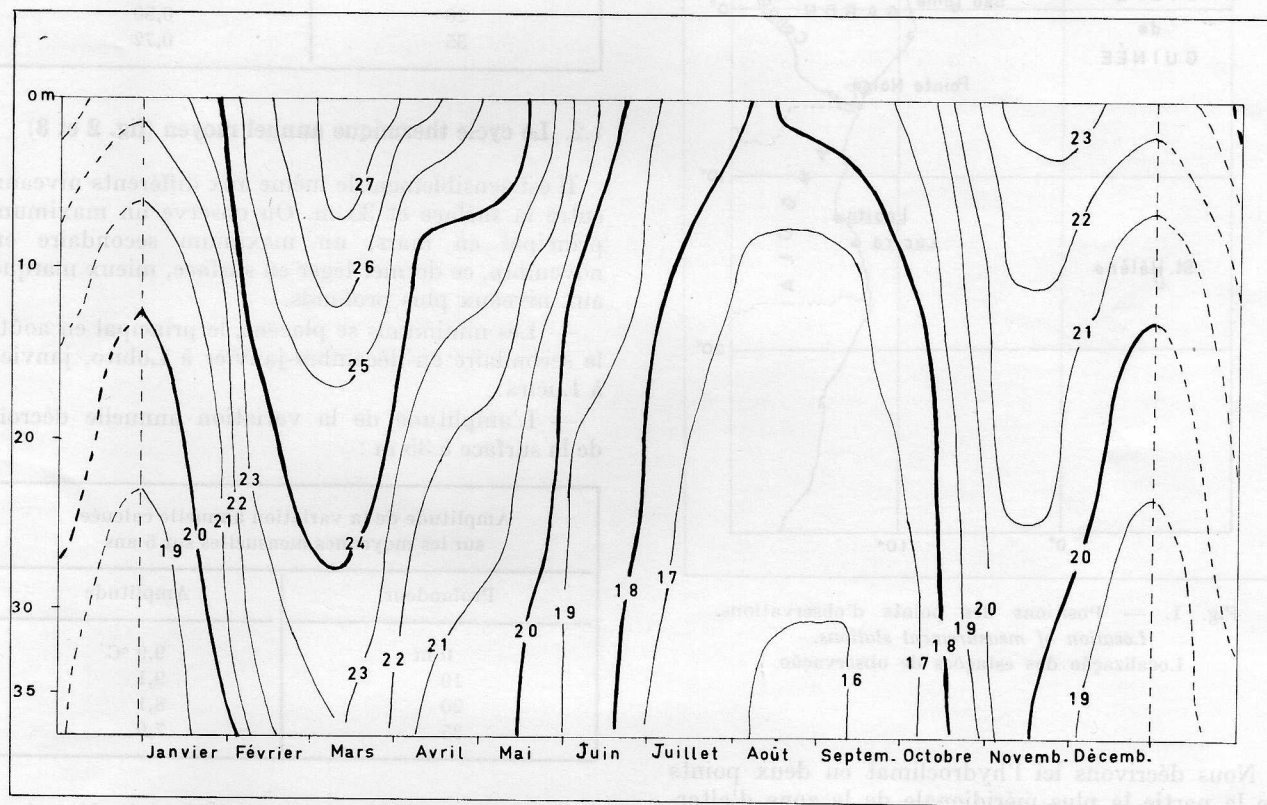


Fig. 2 et 3. — Cycle annuel de la température moyenne mensuelle sur 5 ans à Lobito. Les variations de la température aux différents niveaux sont analogues : un maximum en mars ; un autre, moins marqué en surface, en novembre. La coupure de la saison froide par le réchauffement de novembre apparaît clairement sur la figure 3. Faible stratification thermique.

Annual cycle of the mean monthly temperature over 5 years at Lobito. Temperature fluctuations are similar at various levels : a maximum in March, another, less marked, in November. The division of the cold season by the temperature rise in November is clear on figure 3. The thermal stratification is not very marked.

Ciclo térmico anual médio no Lobito. As variações da temperatura nos diferentes níveis são análogas: um máximo em Março; um outro, menos marcado à superfície, em Novembro. A divisão da estação fria pelo aquecimento de Novembro aparece claramente na figura 3. A estratificação térmica é bastante fraca.

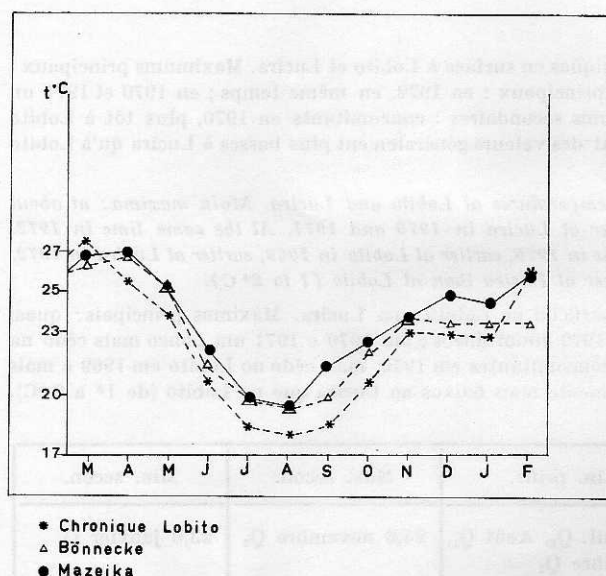


Fig. 4. — Variations annuelles de la température moyenne mensuelle dans la région de Lobito d'après Böhnecke et Mazeika. L'inflexion de la courbe thermique vers octobre-novembre apparaît dans les données tirées des deux atlas. Notre chronique est rappelée. Pour les deux auteurs le maximum principal serait en avril.

Annual variations of the average monthly temperature in the vicinity of Lobito according to Böhnecke and Mazeika. The inflexion of the thermal curve appears in both data, in October-November. Our chronic is represented. For both authors, the main maximum occurs in April.

Variações anuais na região do Lobito segundo Böhnecke e Mazeika. A inflexão da curva térmica aparece em Outubro-Novembro nos dados obtidos nos dois atlas. A nossa crónica está representada por « Lobito ». Para ambos os autores o máximo principal ocorreria em Abril.

1.3. Variabilité du cycle annuel thermique

Les cinq années observées manifestent de sensibles différences (exprimées notamment par la variabilité de la moyenne annuelle, cf. 1.1), qui portent sur tous les caractères de la courbe de variation, bien que celle-ci garde la même allure : on y retrouve les deux maximums et les deux minimums avec des valeurs et à des dates voisines (tabl. I). Maximums et minimums sont concomitants à Lobito et Lucira (à l'échelle des moyennes par quinzaine et par décade).

Le maximum principal dont la position est nette à l'échelle de la moyenne de quinzaine se place au plus tôt au début de février, au plus tard début avril. Sa valeur varie de 25,3 à 29,5 °C à Lobito, de 24,0 à 27,5 °C à Lucira.

Le minimum principal est plus étalé (à quelques dixièmes de degré près). Il se présente au plus tôt

fin juillet, au plus tard début octobre, avec des valeurs qui vont de 16,5 à 18,0 °C à Lobito. A Lucira on observe 0,5 à 0,7 °C de moins.

Le maximum thermique secondaire apparaît entre début novembre et fin décembre, et varie, selon les années, de 21,6 à 26,4 °C (à Lobito).

Le minimum secondaire qui lui succède est, comme le minimum principal mais plus nettement, plus bas à Lucira qu'à Lobito (18,9 et 20,6 ; 18,7 et 24,3 respectivement). On l'a observé entre début décembre et début février. Il s'étale sur une ou deux décades.

En résumé, les positions des maximums et minimums fluctuent sur deux mois environ.

Malgré la relative brièveté de la chronique (5 ou 6 cycles annuels), nous avons examiné la « fidélité » des valeurs moyennes mensuelles, c'est-à-dire leur dispersion. Il y a en effet certaines raisons de penser, d'après la série de M'Bour (Sénégal) qu'une période de 5 ans couvre la plus grande partie de la variabilité d'une année à l'autre.

La déviation standard de la série des valeurs moyennes sur la période des observations est une expression de la variabilité que nous nommons « aléatoire » afin de la distinguer de la variabilité ordinairement exprimée en climatologie et que nous disons « chronologique » (moyenne des écarts de deux années consécutives).

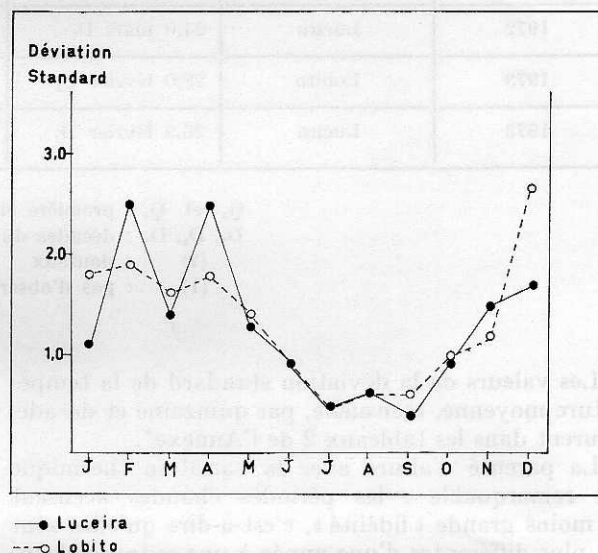


Fig. 5. — Variabilité interannuelle des températures moyennes en surface à Lobito et Lucira.

Interannual variability of the mean monthly surface temperatures at Lobito and Lucira.

Variabilidade interanual das médias mensais térmicas à superfície no Lobito e na Lucira.

TABLEAU I

Valeurs et positions calendaires des maximums et des minimums thermiques en surface à Lobito et Lucira. Maximums principaux : à peu près en même temps (plus tard à Lucira en 1971). Minimums principaux : en 1972, en même temps ; en 1970 et 1971 un peu plus tôt à Lucira. Maximums secondaires : concomitants. Minimums secondaires : concomitants en 1970, plus tôt à Lobito en 1969 et 1971, plus tôt à Lucira en 1972. Maximums et minimums ont des valeurs généralement plus basses à Lucira qu'à Lobito (de 1 à 2 °C).

Values and calendar positions of the maxima and minima of surface temperatures at Lobito and Lucira. Main maxima: at about the same time (later at Lucira in 1971). Main minima: a little earlier at Lucira in 1970 and 1971. At the same time in 1972. Secondary maxima: at the same time. Secondary minima: at the same time in 1970, earlier at Lobito in 1969, earlier at Lucira in 1972.

The values of maxima and minima are generally lower at Lucira than at Lobito (1 to 2° C).

Valores e posição no ano dos máximos e mínimos da temperatura superficial no Lobito e na Lucira. Máximos principais: quase simultâneos (mais tarde na Lucira em 1971). Mínimos principais: em 1972 simultâneos; em 1970 e 1971 um pouco mais cedo na Lucira. Máximos secundários: concomitantes. Mínimos secundários: concomitantes em 1970, mais cedo no Lobito em 1969 e mais cedo na Lucira em 1972. Os valores dos máximos e mínimos são geralmente mais baixos na Lucira que no Lobito (de 1° a 2 °C).

Année	Station	Max. princ.	Min. princ.	Max. secon.	Min. secon.
1969	Lobito	29,5 mars Q ₂	17,0 juil. Q ₂ , Août Q ₁ , septembre Q ₁	24,6 novembre Q ₂	23,0 janvier Q ₁
1969	Lucira	(1)	16,5 août D ₂	24,5 novembre D ₃	20,5 janvier D ₃
1970	Lobito	29,1 mars Q ₂	17,8 août Q ₁	26,4 décembre Q ₁	22,1 janvier Q ₂
1970	Lucira	27,4 mars D ₃	17,1 juil. D ₂ , août D ₁	25,3 décembre D ₁	20,2 janvier D ₃
1971	Lobito	28,5 mars Q ₂	18,0 sept. Q ₁ , oct. Q ₁	22,8 novembre Q ₁	18,7 décembre Q ₁
1971	Lucira	27,5 avril D ₁	17,3 juillet D ₃	21,6 novembre D ₁	18,9 février D ₁
1972	Lobito	25,3 mars Q ₁	17,3 août Q ₂	25,3 décembre Q ₂	24,3 janv. Q ₂
1972	Lucira	24,0 mars D ₁	(?) 18,2 août D ₃	(1)	20,6 décembre D ₃
1973	Lobito	28,0 février Q ₁			
1973	Lucira	26,9 février D ₁			

Q₁ et Q₂ : première et seconde quinzaine du mois

D₁, D₂, D₃ : décades du mois

(?) : douteux

(1) : pas d'observations pendant la période

Les valeurs de la déviation standard de la température moyenne, mensuelle, par quinzaine et décade, figurent dans les tableaux 2 de l'Annexe*.

La parenté d'allure avec la variation thermique est remarquable : les périodes chaudes accusent la moins grande « fidélité », c'est-à-dire qu'elles sont les plus différentes d'une année à une autre quelconque. Aux températures les plus basses correspondent les plus faibles valeurs de la variabilité. Il y a une

corrélation hautement significative ($r = 0,62$, avec $N = 94$) entre les températures moyennes de quinzaine aux différents niveaux et la déviation standard sur 5 ans de ces valeurs moyennes.

Bien que les mesures à Lucira ne portent que sur 3 ou 4 ans, il est clair (Annexe, tabl. 4) que la distribution annuelle de la variabilité y est la même qu'à Lobito.

* L'annexe est publiée en microfilm (sous enveloppe) en p. 3 de couverture.

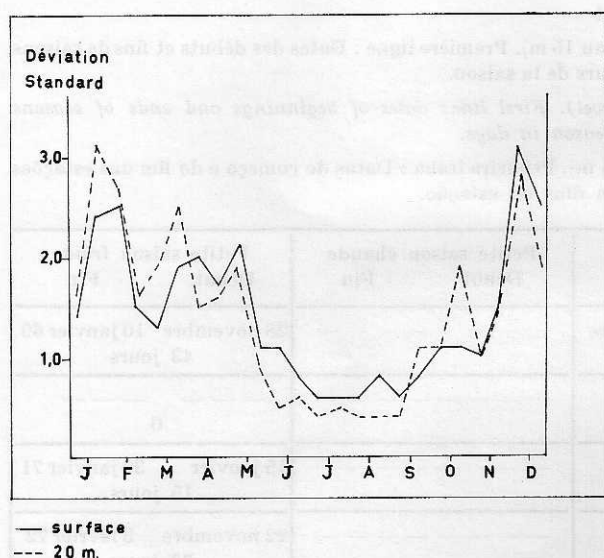


Fig. 6. — Variabilité interannuelle à Lobito des températures moyennes par quinze jours à 0 et 20 m.

Interannual variability at Lobito of the mean temperature for 15 days periods, at 0 and 20 m.

Variabilidade interanual das médias quinzenais térmicas

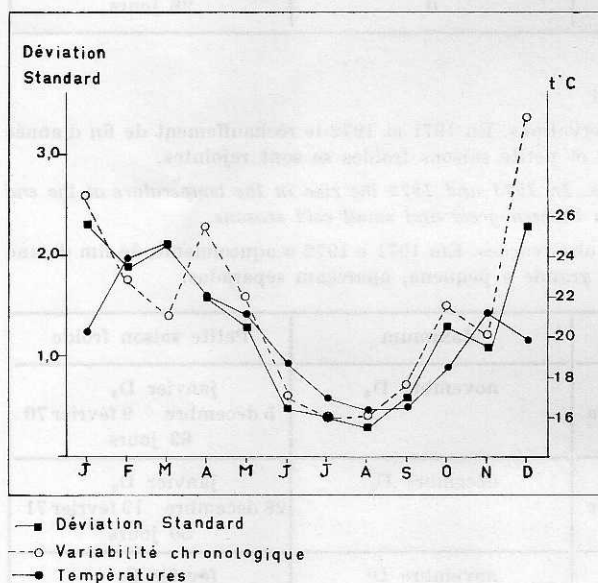


Fig. 7. — Évolution, au cours de l'année, des variabilités interannuelles, aléatoire et chronologique, à 20 m à Lobito. La variation suit celle de la température.

Evolution, during the year, of the interannual variabilities, random and chronological. The variabilities fluctuate with the temperature.

Evolução ao longo do ano da variabilidade interanual, aleatoria e cronológica. As variabilidades flutuam com a temperatura

1.4. Saisons

Dans les régions équatoriales et tropicales, il est d'usage de parler de « saisons chaudes » (ou froides), de « saisons des pluies » et de « saisons sèches », sans référence à la hauteur du soleil, soulignant ainsi le caractère écologique sous-jacent à toute climatologie.

De la même façon on a défini pour le milieu marin des hydrosaisons (BERRIT, 1956 ; MORLIÈRE, 1970 ; DUFOUR et MERLE, 1972), principalement sur une base thermique, avec quelque tendance à une description synthétique incluant la salinité. Bien que critiquable dans sa conception et sa méthodologie, la description faite en 1958 des « Saisons marines à Pointe-Noire » (BERRIT, 1958), offre l'intérêt de la simplicité. Nous la reprenons ici pour l'Angola, en raison de son appartenance à la même zone hydroclimatique.

Afin de faciliter les comparaisons nous utilisons les mêmes critères :

- niveau de référence : 15 m
- saisons chaudes caractérisées par des températures supérieures à 24 °C.
- saisons froides : températures inférieures à 20 °C.

La mise en évidence de la petite-saison-froide à Pointe-Noire avait conduit à en relever le seuil thermique à 23 °C. L'allure des courbes à Lobito nous amène à adopter la valeur 20 °C afin de tenir compte du partage de la saison froide par le maximum secondaire.

Le tableau II donne les positions et les durées de chacune des saisons à Lobito de 1968 à 1973.

Comme la stratification thermique est assez faible (fig. 3), on peut faire correspondre aux valeurs limites à 15 m des valeurs de surface assez précises :

24° à 15 m correspond approximativement à 26,3 °C en surface

20° à 15 m correspond approximativement à 22,1 °C en surface.

Ceci permet d'estimer les saisons à Lucira sur la seule base des températures de surface (tabl. III).

La durée de la Grande Saison Chaude est d'environ 2 mois à Lobito, nettement moins à Lucira (de une quinzaine à un mois). Il n'y a pas de Petite Saison Chaude, mais deux saisons froides, séparées par le maximum secondaire ; la première dure cinq mois, de juin à octobre ; la seconde a une longueur variable : elle s'étend en 1971 sur 73 jours et n'apparaît pas du tout l'année suivante.

TABLEAU II

Caractéristiques des hydrosaisons thermiques à Lobito (référence : niveau 15 m). Première ligne : Dates des débuts et fins de saisons.
Seconde ligne : Durée en jours de la saison.

*Characteristics of thermal hydrosaisons at Lobito (reference: 15 m level). First line: dates of beginnings and ends of seasons.
Second line: duration of season in days.*

Características das estações hidrotérmicas no Lobito (referência : nível 15 m). Primeira linha : Datas do começo e do fim das estações.
Segunda linha : Duração em dias da estação.

Année	Grande saison chaude Début Fin	Grande saison froide Début Fin	Petite saison chaude Début Fin	Petite saison froide Début Fin
1968.....	— — — 15 mai 73 jours (?)	1 juin 1 novembre 153 jours	— — — — —	28 novembre 10 janvier 69 43 jours
1969.....	7 février 22 avril 51 jours	3 juin 15 octobre 134 jours	— — — — —	— — — — — 0
1970.....	10 février 3 avril 66 jours	23 mai 10 octobre 140 jours	— — — — —	15 janvier 30 janvier 71 15 jours
1971.....	20 février 28 avril 50 jours	14 juin 23 octobre 131 jours	— — — — —	22 novembre 3 février 72 73 jours
1972.....	— — — — — 0	29 mai 6 novembre 160 jours	— — — — —	— — — — — 0
1973.....	14 janvier 5 mars 71 jours			
Moyenne.....	2 février 15 avril	2 juin 23 octobre	— — — — —	12 décembre 24 janvier
Durée moyenne.....	52 jours	144 jours	0	26 jours

TABLEAU III

Caractéristiques des hydrosaisons thermiques à Lucira. (1) : pas d'observations. En 1971 et 1972 le réchauffement de fin d'année a été trop faible pour interrompre la saison : grande et petite saisons froides se sont rejointes.

Characteristics of thermal hydrosaisons at Lucira. (1): no observations. In 1971 and 1972 the rise in the temperature at the end of the year was too slight to cause an interruption between great and small cold seasons.

Características das estações hidrotérmicas na Lucira. (1) : ausência de observações. Em 1971 e 1972 o aquecimento de fim de ano foi bastante fraco para que as duas estações frias, grande e pequena, apareçam separadas.

Année	Grande saison chaude	Grande saison froide	Maximum	Petite saison froide
1969.....	(1)	août D ₂ — — — 6 novembre	novembre D ₃	janvier D ₃ 5 décembre 9 février 70 63 jours
1970.....	mars D ₃ 8 mars 5 avril 32 jours	juillet D ₂ août D ₁ 4 mai 5 novembre 180 jours	décembre D ₁	janvier D ₃ 28 décembre 19 février 71 50 jours
1971.....	Avril D ₁ 1 avril 19 avril 18 jours	juillet D ₃ 17 mai 5 novembre 170 jours	novembre D ¹	février D ₁ 5 novembre 19 février 72 107 jours
1972.....	Mars D ₂	août D ₃ (?) 5 avril — — —	(1)	Décembre D ₃ — — — 17 janvier 73
1973.....	février D ₁ 3 février 17 février 14 jours			

2. LA SALINITÉ

2.1. La moyenne haline annuelle (Annexe, tabl. 9)

Elle est en surface de 35,19 à Lobito, de 35,60 à Lucira. Dès la profondeur de 10 m elle passe à 35,42, pour augmenter ensuite plus lentement (35,51 à 20 m, 35,56 à 35 m). L'écart entre les valeurs extrêmes sur 5 ans décroît rapidement avec la profondeur :

Profondeur mètres	Étendue ‰
0	0,53
10	0,31
20	0,16
35	0,11

Il en est de même pour la variabilité chronologique.

L'examen des moyennes annuelles fait déjà apparaître le fait, qui se trouvera confirmé par l'étude de détail sur des périodes plus courtes, de la rapide atténuation avec la profondeur de la variabilité de la salinité, à la différence de la variabilité de la température qui reste pratiquement constante.

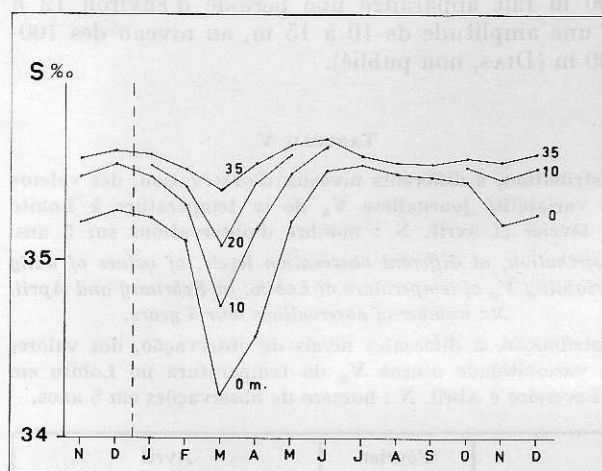


Fig. 8. — Cycle annuel des salinités moyennes mensuelles sur 5 ans à Lobito. Une dessalure est sensible jusqu'au fond en mars ; une autre, plus légère et moins profonde, apparaît en novembre.

Annual cycle of the average monthly salinities over a 5 years period at Lobito. Desalinisation is noticeable down to the bottom in March ; another, less marked appears in November.

Ciclo anual médio 1968-1973 das salinidades no Lobito É notável a dessalinização, da superfície até ao fundo, em Março ; uma outra, mais fraca e menos profunda, aparece em Novembro.

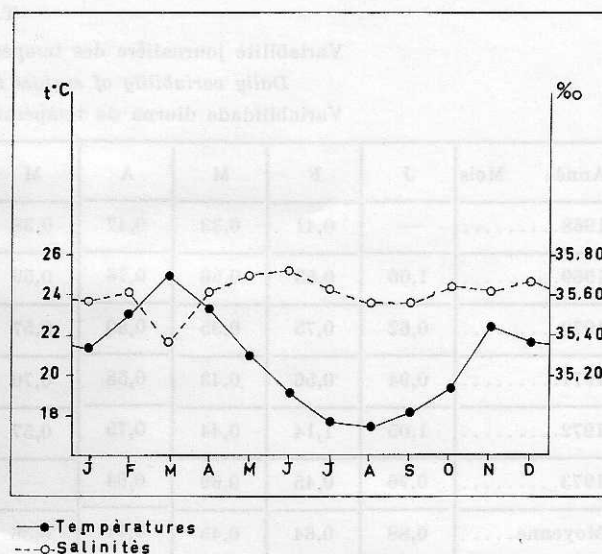


Fig. 9. — Cycle annuel des températures et des salinités mensuelles moyennes à Lucira, en surface. Maximums de température et minimums de salinité sont concomitants. La variation de salinité accompagnant le second maximum de température est à peine perceptible.

Annual cycle of the mean monthly surface temperatures and salinities at Lucira. Temperature maxima and salinity minima occur at the same time. The secondary minimum of salinity is hardly discernable.

Ciclo anual médio da temperatura e da salinidade à superfície na Lucira. O máximo da temperatura e o mínimo da salinidade são concomitantes. A variação da salinidade que acompanha o máximo secundário da temperatura é apenas perceptível.

2.2. Le cycle halin annuel moyen (fig. 8, 9, 10)

On observe deux périodes de dessalure. La première, sensible jusqu'à 35 m, connaît son maximum d'intensité dans la seconde quinzaine de mars, en même temps que le maximum thermique principal. La seconde, en novembre, accompagne le maximum thermique secondaire ; elle n'est plus perceptible au-dessous de 15 m.

La salinité est la plus forte en avril-mai, juin et décembre. Ces maximums sont très peu marqués ; en dehors des périodes de dessalure, la salinité se maintient dans des limites assez étroites (35,50 à 35,70).

L'amplitude de variation annuelle décroît avec la profondeur :

Profondeur mètres	Amplitude ‰
0	1,28
10	0,95
20	0,60
35	0,40

2. LA SALINITÉ

2.1. La moyenne haline annuelle (Annexe, tabl. 9)

Elle est en surface de 35,19 à Lobito, de 35,60 à Lucira. Dès la profondeur de 10 m elle passe à 35,42, pour augmenter ensuite plus lentement (35,51 à 20 m, 35,56 à 35 m). L'écart entre les valeurs extrêmes sur 5 ans décroît rapidement avec la profondeur :

Profondeur mètres	Étendue ‰
0	0,53
10	0,31
20	0,16
35	0,11

Il en est de même pour la variabilité chronologique.

L'examen des moyennes annuelles fait déjà apparaître le fait, qui se trouvera confirmé par l'étude de détail sur des périodes plus courtes, de la rapide atténuation avec la profondeur de la variabilité de la salinité, à la différence de la variabilité de la température qui reste pratiquement constante.

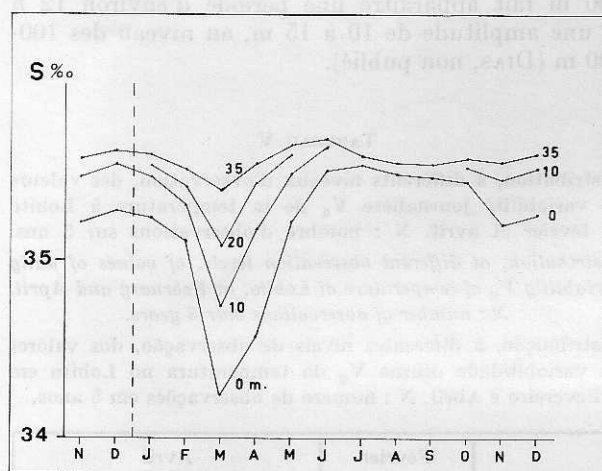


Fig. 8. — Cycle annuel des salinités moyennes mensuelles sur 5 ans à Lobito. Une dessalure est sensible jusqu'au fond en mars ; une autre, plus légère et moins profonde, apparaît en novembre.

Annual cycle of the average monthly salinities over a 5 years period at Lobito. Desalinisation is noticeable down to the bottom in March ; another, less marked appears in November.

Ciclo anual médio 1968-1973 das salinidades no Lobito É notável a dessalinização, da superfície até ao fundo, em Março ; uma outra, mais fraca e menos profunda, aparece em Novembro.

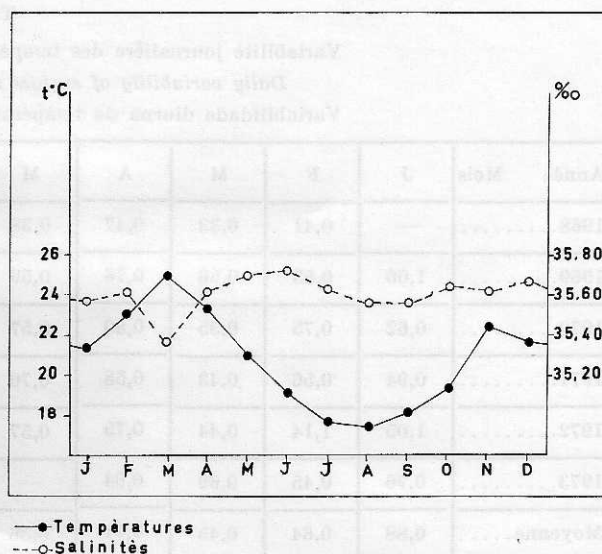


Fig. 9. — Cycle annuel des températures et des salinités mensuelles moyennes à Lucira, en surface. Maximums de température et minimums de salinité sont concomitants. La variation de salinité accompagnant le second maximum de température est à peine perceptible.

Annual cycle of the mean monthly surface temperatures and salinities at Lucira. Temperature maxima and salinity minima occur at the same time. The secondary minimum of salinity is hardly discernable.

Ciclo anual médio da temperatura e da salinidade à superfície na Lucira. O máximo da temperatura e o mínimo da salinidade são concomitantes. A variação da salinidade que acompanha o máximo secundário da temperatura é apenas perceptível.

2.2. Le cycle halin annuel moyen (fig. 8, 9, 10)

On observe deux périodes de dessalure. La première, sensible jusqu'à 35 m, connaît son maximum d'intensité dans la seconde quinzaine de mars, en même temps que le maximum thermique principal. La seconde, en novembre, accompagne le maximum thermique secondaire ; elle n'est plus perceptible au-dessous de 15 m.

La salinité est la plus forte en avril-mai, juin et décembre. Ces maximums sont très peu marqués ; en dehors des périodes de dessalure, la salinité se maintient dans des limites assez étroites (35,50 à 35,70).

L'amplitude de variation annuelle décroît avec la profondeur :

Profondeur mètres	Amplitude ‰
0	1,28
10	0,95
20	0,60
35	0,40

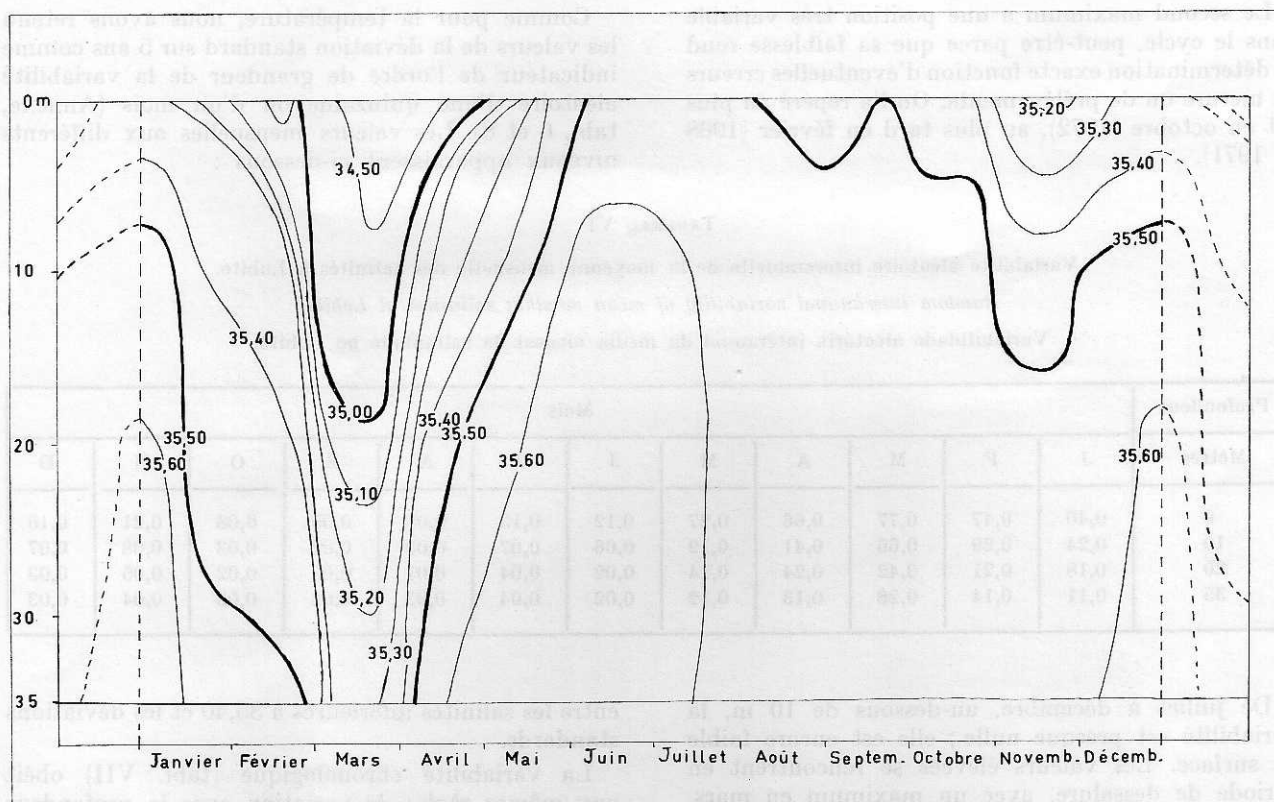


Fig. 10. — Salinités moyennes mensuelles à Lobito. Les deux périodes de dessalure sont bien distinctes ; leurs intensités sont très différentes.

Mean monthly salinities at Lobito. Both periods of desalinisation appear clearly on the diagram, with very different intensities.

Salinidades no Lobito. Ano médio. Ambos os periodos de dessalinização são bem distintos mas com intensidades muito diferentes.

A Lucira (fig. 9), le « petit cycle », c'est-à-dire, les maximums et minimums secondaires, a pratiquement disparu, mais la dessalure de mars est sensible, bien que très atténuée par rapport à Lobito : le minimum n'est plus que de 35,36. Il n'affecte que le mois de mars. L'amplitude de variation annuelle n'est que de 0,36 ‰ en surface.

2.3. Variabilité du cycle halin annuel à Lobito, de 1968 à 1973

L'intensité de la dessalure et sa période d'apparition sont soumises à des variations importantes : si, de 1968 à 1972, les eaux dessalées se sont présentées à peu près à la même époque (1) (seconde quinzaine de mars ou première d'avril), leur salinité était très différente d'une année à l'autre, le minimum

étant de 33,19 en 1969 et le maximum de 35,54 (1972).

De 1968 à 1971, le minimum secondaire de salinité apparaît chaque année en novembre, dans la première ou la seconde quinzaine ; ses valeurs extrêmes, en surface sont de 34,85 et 35,50.

Les observations de 1972-1973 montrent que la position de ces périodes de dessalure peut connaître des déplacements atteignant deux mois ; le minimum secondaire se présente, en 1972, dès septembre, en avance de deux mois ; avec 35,50 il est à peine perceptible. Mais le minimum principal, net (34,01) est présent fin janvier 1973, lui aussi avec une avance de deux mois sur les 5 années précédentes.

Le premier maximum est observé entre la première quinzaine de mai et la seconde de juin. Ses valeurs extrêmes, à 35 m, sont de 35,70 et 35,81.

(1) En général il y a concomitance entre Lobitos et Lucira à l'échelle de temps de la quinzaine. En 1972, le maximum de dessalure a été perçu à Lucira avant Lobito.

Le second maximum a une position très variable dans le cycle, peut-être parce que sa faiblesse rend sa détermination exacte fonction d'éventuelles erreurs de mesure ou de prélèvements. On l'a repéré au plus tôt en octobre (1972), au plus tard en février (1968 et 1971).

Comme pour la température, nous avons retenu les valeurs de la déviation standard sur 5 ans comme indicateur de l'ordre de grandeur de la variabilité aléatoire d'une quinzaine ou d'un mois (Annexe, tabl. 6 et 8). Les valeurs mensuelles aux différents niveaux apparaissent ci-dessous :

TABLEAU VI

Variabilité aléatoire interannuelle de la moyenne mensuelle des salinités à Lobito.

Random interannual variability of mean monthly salinities at Lobito.

Variabilidade aleatória interanual da média mensal da salinidade no Lobito.

Profondeur	Mois											
Mètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	0,40	0,47	0,77	0,66	0,27	0,12	0,13	0,08	0,05	0,08	0,21	0,15
10	0,24	0,29	0,66	0,41	0,19	0,06	0,07	0,03	0,02	0,03	0,08	0,07
20	0,18	0,21	0,42	0,24	0,14	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02	0,05	0,03
35	0,11	0,14	0,28	0,13	0,12	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03

De juillet à décembre, au-dessous de 10 m, la variabilité est presque nulle ; elle est encore faible en surface. Les valeurs élevées se rencontrent en période de dessalure, avec un maximum en mars, encore bien net à 35 m.

Comme pour les températures, il y a une corrélation hautement significative ($r = 0,88$, avec $N = 26$),

entre les salinités inférieures à 35,40 et les déviations standards.

La variabilité chronologique (tabl. VII) obéit aux mêmes règles de variation avec la profondeur et au cours de l'année.

Ces tableaux (VI, VII) n'ont, vu la faible longueur de la chronique, qu'une valeur indicative.

TABLEAU VII

Variabilité chronologique interannuelle de la moyenne mensuelle des salinités à Lobito.

Chronological interannual variability of mean monthly salinities at Lobito.

Variabilidade crónologica interanual da média mensal da salinidade no Lobito.

Variabilité chronologique interannuelle des moyennes mensuelles de salinité à Lobito												
Profondeur	Mois											
Mètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9	0,20	0,58	0,51	0,54	0,27	0,05	0,07	0,04	0,05	0,05	0,18	0,23
10	0,21	0,33	0,40	0,50	0,21	0,05	0,05	0,02	0,01	0,02	0,10	0,09
20	0,14	0,26	0,28	0,35	0,18	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
35	0,09	0,15	0,15	0,20	0,20	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02

2.4. Variabilité quotidienne de la salinité.

Elle est forte pendant les mois de dessalure, presque nulle de juin à octobre. Elle s'atténue sensiblement avec la profondeur.

Le tableau VIII donne les valeurs de la variabilité quotidienne à Lobito en 1971 à 0 et 20 m avec les maximums de variation observés d'un jour au lendemain.

TABLEAU VIII

Variabilité journalière de la salinité à Lobito, en 1971, par mois.

Daily variability of salinity at Lobito, in 1971, per month.

Variabilidade diurna da salinidade no Lobito em 1971, por mês.

Mois	J	F	M	A	M	J
Profondeur						
0 m						
Moyenne.....	0,22	0,07	0,44	0,28	0,13	0,05
0 m						
Max.....	0,62	0,18	1,30	0,92	0,39	0,15
20 m						
Moyenne.....	0,03	0,04	0,20	0,26	0,06	0,02
20 m						
Max.....	0,11	0,10	0,41	0,44	0,99	0,07

Mois	J	A	S	O	N	D
Profondeur						
0 m						
Moyenne.....	0,02	0,02	0,03	0,04	0,09	0,17
0 m						
Max.....	0,09	0,07	0,24	0,33	0,34	0,96
20 m						
Moyenne.....	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
20 m						
Max.....	0,04	0,03	0,02	0,04	0,10	0,23

Les plus grands écarts observés d'un jour à l'autre figurent dans les lignes « Max ».

3. TRANSPARENCE ET COULEUR

Transparence et couleur sont des paramètres abiotiques du milieu liés à la présence de substances dissoutes, colloïdales et particulaires qui résultent en partie de l'activité de production primaire et secondaire.

En zone côtière, l'influence des charges minérales transportées par les eaux continentales ou par les vents peut être importante. Dans certains cas, transparence et couleur permettent de reconnaître certaines eaux (eaux du Congo par exemple; DUFOUR et MERLE, 1972).

Les observations faites à Lobito comportent, à chaque station, la mesure de la couleur et de la transparence Secchi. Environ 1 500 données ont ainsi été recueillies sur 5 ans.

3.1. Distribution de la couleur (fig. 11)

On ne rencontre pratiquement pas d'eaux bleues. Le mode de la distribution se place à la couleur 5

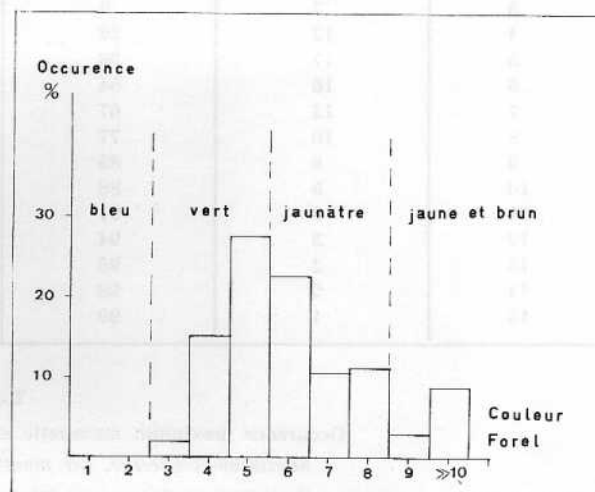


Fig. 11. — Fréquence d'occurrence des couleurs Forel de décembre 1968 à avril 1973 (1316 observations).

Occurrence frequency of Forel colours from December 1968 to April 1973.

Frequência de ocorrência das cores Forel de Dezembro 1968 a Abril 1973 (1316 observações).

Forel. Les couleurs vert et vert-jaune (Forel 5 et 6) représentent 50 % des observations. Les eaux brunes (Forel-Ule de 10 à 21) ne sont pas très rares (9 %).

3.2. Distribution de la transparence Secchi (tabl. IX)

La pénétration solaire est faible : les valeurs supérieures à 7 m Secchi ne représentent que 32 % des observations. Moins de 1 % correspondent à plus de 16 m.

On calcule une transparence moyenne de 6,6 m, ce qui donne pour le coefficient d'extinction 0,26 environ, et pour l'épaisseur de la couche euphotique 17 m.

VALEUR IX

Distribution des valeurs de Transparence Secchi à Lobito
(1536 observations sur 5 ans).

*Distribution of Secchi transparency values at Lobito
(1536 measurements over 5 years).*

Distribuição da transparência Secchi no Lobito
(1536 observações em 5 anos).

Secchi m	Fréquence %	Fréquence % cumulée
1	1	
2	2	2
3	7	9
4	13	22
5	17	38
6	16	54
7	13	67
8	10	77
9	6	83
10	5	88
11	3	91
12	3	94
13	2	96
14	2	98
15	1	99

3.3. Variation annuelle de la couleur de l'eau (tabl. X)

Le déplacement du mode est faible — entre 4 et 6 — et paraît aléatoire. Un groupement des fréquences fait apparaître, pour les eaux brunes, un maximum d'occurrence en septembre-octobre, un minimum (voisin de 0) en mars-avril.

Les eaux les plus bleues (Forel inférieur à 5) sont observées le plus souvent en février-mars et en juillet.

Les eaux jaunâtres (Forel 6, 7 et 8) représentent 40 % ou davantage des occurrences pendant tous les mois de l'année, à l'exception de février et de juillet.

La variabilité d'une année à l'autre est considérable : elle couvre souvent la gamme des couleurs ordinaires des eaux côtières : 4 à 8 (tabl. X).

3.4. Variation annuelle de la transparence (tabl. XI)

La moyenne (calculée par quinzaine) est maximum

TABLEAU X

Occurrence maximum mensuelle des couleurs de l'eau à Lobito, par mois.

Maximum occurrence, per month, of the colour of the water at Lobito.

Ocorrência máxima mensal das cores da água no Lobito, por mês.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Année												
1968.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
1969.....	6	4	—	5-6	4	6-7	6	5	6-8	7	5-6	6
1970.....	5	5	6	5	5	5	5	7	6	5	5	6
1971.....	4	4	4	4	4	5	4	4	8	6	5-6-7	5
1972.....	8	8	5	8	8	5	5	5-8	6	—	—	—

Occurrence maximum (mode) mensuelle des couleurs de l'eau à Lobito.

TABLEAU XI

Transparence Secchi à Lobito. Moyennes par quinzaine.

Secchi transparency at Lobito. Fortnightly means.

Transparência Secchi no Lobito. Médias quinzenais.

	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin	
1968.....	—	—	8	10	9	11	7	8	7	8	5	8
1969.....	5	6	9	12	10	—	7	6	8	7	7	7
1970.....	6	7	10	9	6	10	9	9	9	5	7	8
1971.....	8	7	7	9	11	7	7	9	7	9	7	6
1972.....	6	3	4	5	8	9	6	6	4	5	5	5
Moyennes sur 5 ans.....	6,2	5,7	7,6	9,0	8,8	9,2	7,2	7,6	7,0	6,8	6,2	6,8
Étendue.....	3	4	6	7	5	4	3	3	5	4	2	3

	Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
1968.....	5	8	8	7	5	5	7	6	4	5	5	5
1969.....	10	7	7	8	6	5	5	5	6	6	9	5
1970.....	8	5	4	7	10	6	5	7	7	6	7	4
1971.....	5	5	7	8	6	4	5	5	4	4	5	6
1972.....	8	6	4	6	5	5	—	—	—	—	—	—
Moyennes sur												
5 ans.....	7,2	6,2	6,0	7,2	6,4	5,0	5,5	5,7	5,2	5,2	6,5	5,0
Étendue.....	5	3	4	2	5	2	2	2	3	2	4	2

en février-mars avec 9 m environ, minimum avec 5 m en octobre-novembre.

La variabilité de la valeur moyenne de quinzaine d'une année à l'autre est grande : l'étendue observée de la variation va de 2 à 7 m, les plus fortes dispersions, en février, correspondant à des moyennes relativement fortes et les plus faibles accompagnant les plus basses transparences.

3.5. Variabilité de jour en jour de la transparence

La transparence varie généralement, du jour au lendemain de moins de 2 m. Les différences de 5 m et plus sont rares. Nous donnons ci-dessous à titre d'exemple la distribution des différences pour deux années (1969 et 1972) :

Différence entre les transparences Secchi mesurées à un jour d'intervalle	Fréquence % 1969	Fréquence % 1972
0	26	40
1	34	31
2	18	16
3	9	6
4	6	2
5	1	2
6	1	2
7	2	1
8	1	
9	1	
N	211	244

3.6. Variabilité de la couleur de jour en jour

Différence en unités de code entre les couleurs observées à un jour d'intervalle	1969 %	1972 %
0	35	29
1	35	34
2	15	13
3	6	6
4	1	2
5	8	16
N	211	241

La couleur reste à peu près la même (à une unité près de l'échelle de Forel), dans 70 % des cas.

Les fortes variations, pas très rares, correspondent à l'apparition d'eaux brunes.

Manuscrit reçu au Service des Publications le 19 août 1976.

