

CARACTÈRES HYDROLOGIQUES DE L'EAU DE SURFACE AU CENTRE ORSTOM DE NOSY BÉ DE 1962 A 1965

par Michel ANGOT* et Robert GÉRARD**

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur des observations bi-quotidiennes effectuées, de mars 1962 à mars 1965, entre 6 et 18 heures locales en mer étale, l'une à la pleine-mer, l'autre à la basse-mer, à l'extrémité de la jetée du Centre ORSTOM de Nosy Bé (profondeur variant entre 0,5 et 5 m selon la marée). La seule eau de surface a été échantillonnée pour mesures de la températures (degré C), la salinité (S ‰) et la concentration en oxygène dissous (O² ml/l).

La marée est de type semi-diurne, l'écart entre les heures des mers « étale » étant maximum en morte-eau (90 min.) et minimum en vive-eau (30 min.): les fréquences des pleines mers de vive-eau sont maximum autour de 6 et 18 heures, celles de morte-eau autour de 12 et 24 heures. La température de l'eau varie entre 24°4 et 32°4 la saison chaude étant en même temps celle des pluies et allant de novembre à mai. La salinité varie entre 26,30 ‰ et 33,63 ‰, le facteur déterminant des variations étant la quantité de pluie. La concentration en oxygène dissous montre une variation annuelle (saison des pluies moins riche en O² dissous avec 4,45 ml/l que la saison sèche avec 4,80 ml/l) et surtout une variation selon les heures de prélèvement qui a déjà été montrée sous la dépendance de l'activité photosynthétique du phytoplancton. L'allure du diagramme T-S de ces 3 années d'observation est caractéristique de toute la zone marine voisine de Nosy Bé (jusqu'à 50 milles des côtes environ).

SUMMARY

This paper deals with observations made, from march 1962 to march 1965, twice a day between 6 a. m. and 6 p. m. local time, once at high-tide, the other at low-tide, from the tip of the jetty of the « Centre ORSTOM de Nosy Bé » (water 0,5 to 5 meter deep according to the tide). Surface water only was sampled for measurements of temperature (C), salinity (S ‰) and dissolved oxygen (O² ml/l).

The tide is of a semi-diurnal type, the delay between each tide (high and low) being maximum at neap-tides (90 min.) and minimum at spring-tides (30 min.): the high-waters during spring-tides are more frequent around 6 a.m. and 6 p.m and the same during neap-tides around 12 and midnight

* Océanographe biologiste O.R.S.T.O.M. au Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy Bé, Madagascar.

** Assistant en océanographie physique au Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy Bé, Madagascar.

local time. The temperature varies from 24°4 to 32°4, the warm season being simultaneous with the rainy season: november to may. The salinity varies from 26,30 ‰ to 33,63 ‰, the main factor for the variations being the quantity of rain. The concentration of dissolved oxygen shows firstly an annual variation (rainy season poorer in dissolved O₂ with 4,55 ml/l than the dry season with 4,80 ml/l) secondly a variation with the time of the day which has already been shown as depending upon the photosynthetic activity of the phytoplankton. The shape of the T-S diagram from these 3 years observations is characteristic of all the marine area around Nosy Bé (to about 50 miles offshore).

*
* *

L'étude de l'eau de mer de surface dans la baie de Nosy Bé située en face du Centre ORSTOM de Nosy Bé a été commencée en juin 1955 par Menaché. Interrompue en juillet 1960, elle a été reprise sur les mêmes bases en janvier 1961 et s'est poursuivie jusqu'en décembre 1962. Les observations étaient alors toujours faites aux mêmes heures, soit 07.00 et 17.00 heures locales. Les résultats obtenus ont fait l'objet de deux publications : MÉNACHÉ (1957) et GÉRARD (1964).

Nous avons pensé qu'il pourrait être utile de préciser l'influence de l'heure et, peut-être, de la marée dont l'amplitude dépasse 4 mètres lors des plus grandes vives-eaux. Aussi avons-nous effectué nos observations deux fois par jour en mer étale, l'une à la pleine mer, l'autre à la basse mer, entre 06.00 et 18.00 heures locales. Commencée en mars 1962, cette étude s'est terminée le 31 mars 1965.

A. — MÉTHODES ET RÉSULTATS

1° — Lieu d'observation :

Tous les prélèvements ont été faits à l'extrémité de la jetée du Centre ORSTOM de Nosy Bé, au pied du marégraphe Saint-Chamond en fonctionnement au Centre et dont les résultats sont régulièrement publiés par le Service Hydrographique dans les *Cahiers Océanographiques* sous la rubrique « observations du niveau marin à Nosy Bé » ;

2° — Observations :

Elles ont lieu pendant les heures de jour, soit de 06.00 à 18.00 heures chaque jour, et ont porté sur la température, la salinité et l'oxygène dissous de l'eau de surface. La température était mesurée dans le flacon en verre d'où étaient tirés les échantillons d'oxygène dissous et de salinité.

La salinité a été mesurée par la méthode de Knudsen (OXNER *et al.*, 1920) jusqu'en décembre 1963. Le virage colorimétrique était obtenu sur le réactif de Miyake (MIYAKE, 1939) en lumière bleue. A partir de janvier 1964, la salinité a été mesurée au salinomètre à induction Hamon fabriqué par IME (Australie).

Les dosages pour l'oxygène dissous ont été faits par la méthode de Winkler (Jacobsen *et al.*, 1921), le titre de la solution d'hyposulfite étant calculé pour que le volume lu sur la burette donne directement le volume d'oxygène dissous en ml/l (GÉRARD, 1964). De janvier 1965 à mars 1965, la précision de la méthode a été améliorée par l'utilisation d'un polariseur et de deux électrodes de platine reliées au galvanomètre d'un pH mètre Metrohm, la solution d'hyposulfite étant « coulée » dans le récipient de titration à l'aide d'une burette à piston Metrohm de 10 ml au 1/100. (ANGOT *et al.*, 1966). La fin de réaction était alors définie électriquement (méthode « dead-stop ») au lieu du virage colorimétrique avec amidon préalablement utilisé ;

3° — Résultats :

Ils sont exprimés sous forme de moyennes, d'une part la moyenne mensuelle diurne (moyenne arithmétique des valeurs journalières), d'autre part la moyenne par heure (moyenne arithmétique de tous les résultats obtenus à une même heure). Pour le calcul des moyennes par heures, les heures

Heure de la journée	PLEINE-MER		BASSE-MER	
	%	Haut. moyenne	%	Haut. moyenne
01.00	2,6	2,9 m	6,0	0,8 m
02.00	3,9	3,1	4,5	1,2
03.00	5,1	3,4	3,4	1,4
04.00	5,8	3,7	2,5	1,6
05.00	6,4	3,9	1,8	1,7
06.00	6,3	3,9	2,2	1,6
07.00	5,8	3,6	2,4	1,6
08.00	4,5	3,3	3,7	1,4
09.00	3,3	3,0	5,2	1,1
10.00	2,6	2,9	5,9	0,7
11.00	1,9	2,8	6,2	0,5
12.00	2,1	2,8	6,3	0,6
13.00	2,6	2,9	5,7	0,8
14.00	3,8	3,1	4,6	1,1
15.00	5,1	3,4	3,4	1,4
16.00	6,0	3,7	2,4	1,6
17.00	6,0	3,9	2,2	1,7
18.00	6,1	3,9	2,0	1,6
19.00	6,0	3,6	2,5	1,6
20.00	4,8	3,3	4,0	1,3
21.00	3,4	3,0	5,1	1,1
22.00	2,3	2,8	5,9	0,7
23.00	1,7	2,8	6,2	0,5
24.00	1,9	2,8	6,0	0,6

d'observation ont été arrondies aux heures pleines et chaque année a été divisée arbitrairement, en tenant compte des données pluviométriques, en deux saisons : une « saison sèche » de juin à octobre et une « saison des pluies » de novembre à mai.

Les résultats sont donnés dans les tables en annexe.

B. — CARACTÉRISTIQUES DE LA MARÉE

A Nosy Bé, la marée est de type semi-diurne régulier avec généralement deux pleines-mers et deux basses-mers par jour, l'intervalle de temps séparant une pleine-mer et une basse-mer étant d'environ 6 heures. Comme il est bien connu, cet écart entre les marées successives est plus faible en vive-eau (jusqu'à 30 min.) qu'en morte-eau (jusqu'à 90 min.).

Par ailleurs, on sait que vives-eaux et mortes-eaux ne sont pas réparties également sur toutes les heures de la journée mais sont au contraire groupées sur certaines heures privilégiées. Le tableau ci-après, calculé sur trois années (mars 1962-février 1965), précise les pourcentages des nombres de pleines mers et des basses mers en fonction des heures de la journée ; en regard des pourcentages ont été placées les hauteurs moyennes correspondantes de la marée.

Compte tenu du fait que nos observations sur la température, la salinité et l'oxygène dissous ont été faites entre 06 et 18 h, on note qu'elles portent sur :

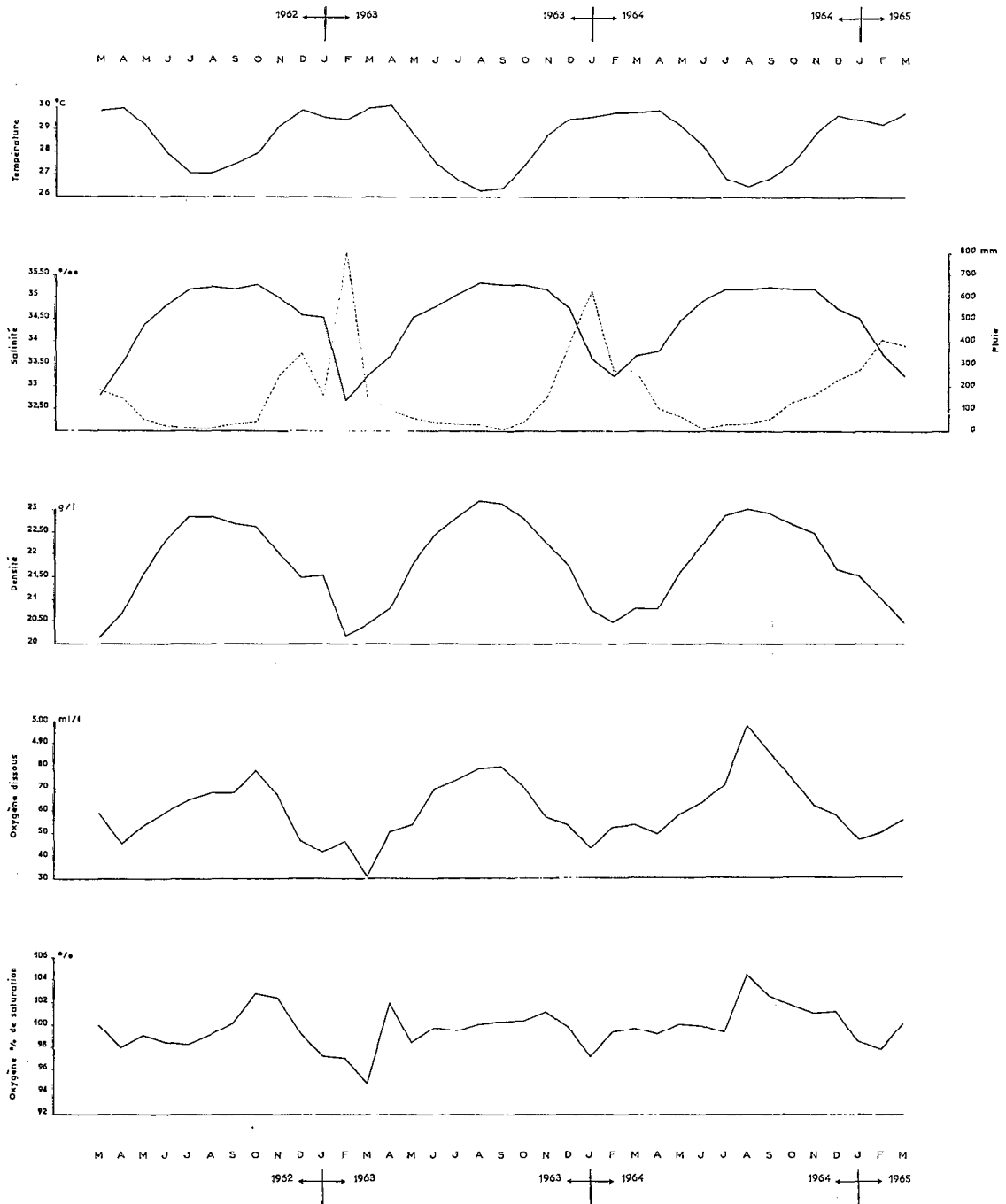


Planche 1. — Variations des moyennes mensuelles ($T^{\circ}\text{C}$, S ‰, σ^t , O_2 dissous, % O_2) de l'eau de surface de mars 1962 à mars 1965.

a) une fréquence maximum de pleines mers de vives-eaux et minimum de basses-mers de mortes-eaux à 06 h et à 17-18 h.

b) une fréquence minimum de pleines-mers de mortes-eaux et maximum de basses-mers de vives-eaux à 11-12 h. Par contre, les caractéristiques de la période située autour de minuit (fréquence minimum de pleines-mers de mortes-eaux et maximum de basses-mers de vives-eaux) nous ont complètement échappé.

C. — TEMPÉRATURE

De mars 1962 à mars 1965, la température de surface a été comprise entre les limites extrêmes de 24°4 (le 31 juillet 1963 à 06.00 h) et 32°4 (le 15 décembre 1964 à 13.00 h).

1° Moyennes mensuelles (planche 1) :

En règle générale, les moyennes mensuelles de température sont décroissantes de mai à août et croissantes de août à décembre ; par contre, entre décembre et avril elles sont relativement stables, leurs étroites variations pouvant se faire suivant deux schémas. En effet, ou bien les températures sont légèrement croissantes comme de décembre 1963 à avril 1964, ou bien elles sont légèrement décroissantes de décembre à février puis croissantes de février à avril.

L'examen de la planche 1 fait ainsi apparaître la courbe « température » comme si les sommets correspondant au maximum des températures avaient été érodés.

Une telle observation rejoint celle déjà faite par Menaché (1957), Gérard (1964) et Angot (1965). Sa constance au long de 10 années d'observation en fait un phénomène caractéristique de la zone étudiée. Cette chute de température de l'eau correspond à une chute de température de l'air consécutive aux précipitations atmosphériques qui augmentent à cette saison.

La saison des pluies va de novembre à mai ; elle englobe l'été austral et, de ce fait, se caractérise par des températures élevées de l'eau de mer dont la moyenne est comprise, pour cette saison, entre 28°8 et 30°1. Cette moyenne n'atteint cependant jamais de très fortes valeurs en raison de l'effet rafraîchissant des pluies.

La saison sèche va de juin à octobre ; comprenant l'hiver austral, elle correspond aux plus basses températures de l'eau de mer avec une moyenne mensuelle comprise entre 26°3 et 29°2 tandis que la valeur minimum de celle-ci est très marquée en août (27°1 en 1952, 26°3 en 1963 et 26°5 en 1964).

2° Moyennes par heure (planche 2)

Que ce soit en saison sèche ou en saison des pluies, la moyenne par heure des températures (entre 06.00 et 18.00 h) est maximum autour de 13.00 ou 14.00 h, c'est-à-dire au moment où l'ensoleillement a déjà atteint son maximum depuis près de 3 heures (0,26 ly/min.) et où l'énergie lumineuse ainsi dispensée tend à devenir moins importante. On peut cependant noter que les variations de la moyenne par heure entre 11.00 et 15.00 h sont plus irrégulières en saison des pluies qu'en saison sèche ; ceci est la conséquence d'un certain nombre d'averses tropicales qui conduisent à un abaissement de la température de surface, autant par suite de la diminution de l'énergie lumineuse que provoque le passage des nuages que par l'action directe de la pluie venant se mélanger avec l'eau de mer.

Précisons encore que les moyennes des températures par heure en saison sèche et les mêmes moyennes en saison des pluies ont, pour une même heure, un écart assez constant en valeur absolue qui reste compris entre 2°0 et 2°5, la valeur moyenne étant 2°3 au bénéfice de la saison humide, plus chaude que la saison sèche.

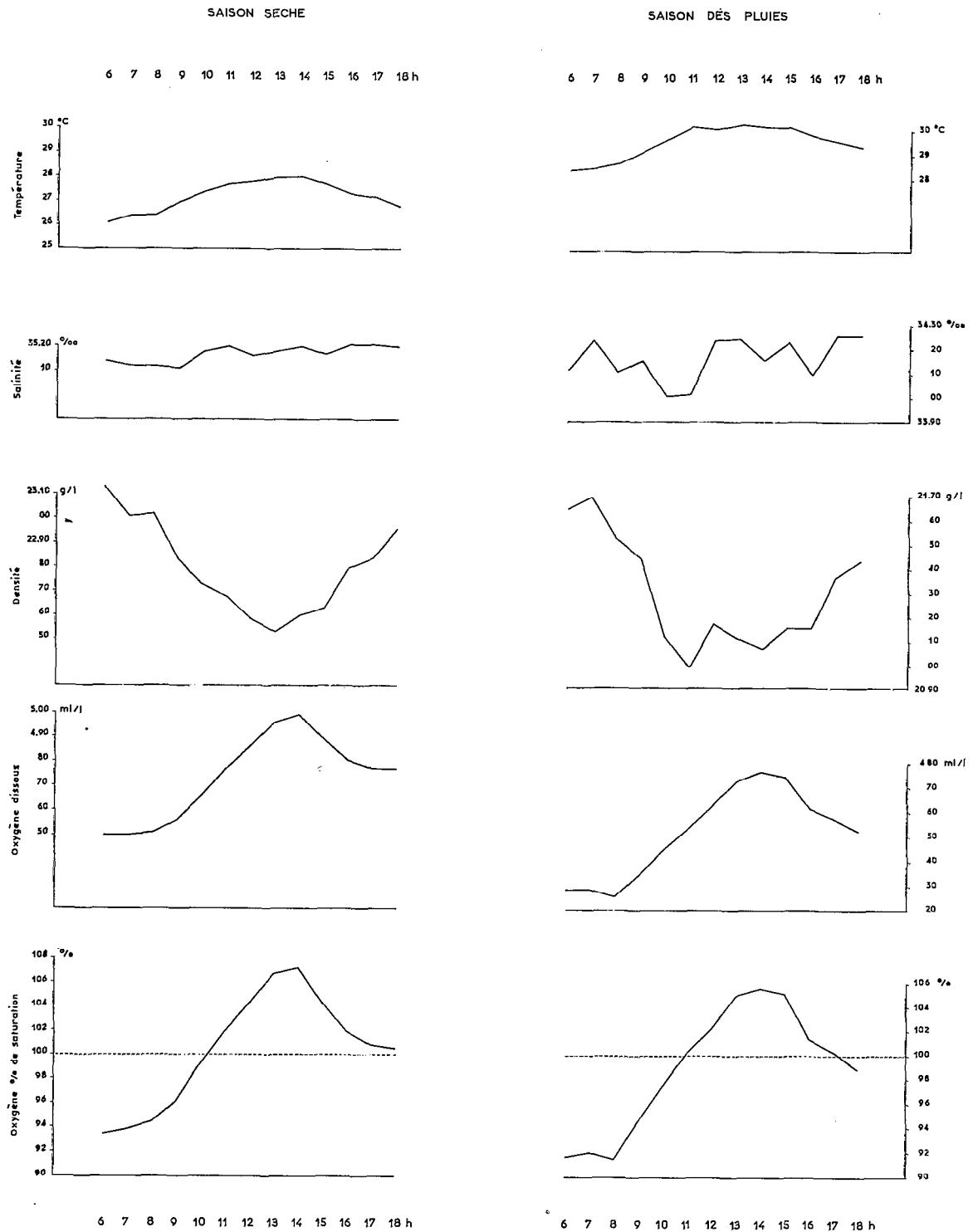


Planche 2. — Variations des moyennes par heure ($T^{\circ}\text{C}$, S ‰, σ_t , O_2 dissous, % O_2) de l'eau de surface d'une part en saison sèche, d'autre part en saison des pluies, de mars 1962 à mars 1965.

D. — SALINITÉ

La salinité de l'eau de surface, entre mars 1962 et mars 1965, a toujours été comprise entre 26,30 ‰ (le 14 janvier 1964 à 16.00 h) et 35,63 ‰ (le 29 août 1962 à 16.00 h).

1° Moyennes mensuelles (planche 1)

De manière générale, la moyenne mensuelle de salinité est relativement stable de juillet à octobre et voisine de 35,20 ‰. Le déclenchement de la saison des pluies en novembre provoque un véritable effondrement de la salinité qui atteint sa valeur moyenne minimum en février ou mars. Les moyennes mensuelles sont alors très variables parce que sous la dépendance directe de la quantité de pluie tombée ; elles oscillent entre 32,68 ‰ en février 1963 et 35,22 ‰ en novembre 1963.

2° Moyennes par heure (planche 2)

Les variations des moyennes par heure de la salinité sont très différentes selon qu'on considère la saison sèche (juin-octobre) ou la saison des pluies (novembre-mai).

En saison sèche, la moyenne considérée est pratiquement indépendante de l'heure de la journée, sa valeur étant à peu de chose près constante puisque comprise entre 35,11 et 35,20 ‰. Il faut rapprocher cette remarque de celle faite en avril 1965 par Angot *et al* (1966) et ayant porté sur une série d'observations effectuées toutes les heures et 24 heures sur 24 pendant 30 jours pleins ; la salinité était elle aussi indépendante de l'heure du prélèvement, ce mois d'avril se caractérisant par des précipitation si faibles qu'il appartenait déjà à la « saison sèche ».

En saison humide, les variations de la moyenne par heure de la salinité sont très irrégulières. Cette caractéristique est en effet sous l'entière dépendance des quantités de pluies dont l'effet peut être considérable. Il est en tout cas suffisamment important pour que la dessalure soit sensible même sur des moyennes calculées sur 3 années d'observations : ces moyennes sont en effet comprises entre 34,00 et 34,25 ‰.

3° Influence de la marée.

Il nous a paru intéressant de chercher à déterminer l'influence de la marée sur la salinité. Les moyennes de salinité en pleines-mers et basses-mers sont les suivantes :

- mars 62-février 63 : salinité en BM = 34,49 ‰, en PM = 34,46 ‰
- mars 63-février 64 : — — = 34,51 ‰, — = 34,53 ‰
- mars 64-février 65 : — — = 34,67 ‰, — = 34,68 ‰

D'après ces chiffres, il n'y a aucune influence de la marée sur la salinité. Si l'on tient compte maintenant des heures où pleines-mers et basses-mers sont intervenues, on obtient le tableau suivant qui mentionne des moyennes générales sur 3 ans.

Heure	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Marée													
P M	34,56	34,60	34,52	34,52	34,60	34,54	34,66	34,50	34,50	34,59	34,54	34,59	34,52
B M	34,68	34,44	34,45	34,58	34,34	34,52	34,56	34,64	34,65	34,62	34,53	34,54	34,89

L'étude des variations de la salinité à pleine mer ne nous permet pas de déceler quoi que ce soit. A basse-mer, il est net que le minimum se situe à 10.00 h mais cette valeur est la seule qui soit réellement différente des autres. Dans ces conditions, nous pouvons seulement conclure que les observations de salinité telles qu'elles ont été ici effectuées ne nous permettent pas de constater une influence quelconque de la marée sur la salinité.

E. — OXYGÈNE DISSOUS

Durant les 36 mois de nos observations, les valeurs d'oxygène dissous ont été comprises entre 3,69 ml/l (le 14 janvier 1963 à 07.00 h) et 5,73 ml/l (le 13 août 1964 à 14.00 h).

1° Moyennes mensuelles (planche 1).

La courbe illustrant les variations des moyennes mensuelles des concentrations en oxygène dissous met en évidence l'influence des saisons sur ces valeurs. Les maximums sont nets et correspondent aux saisons sèches : 4,78 ml/l en octobre 1962 ; 4,80 ml/l en septembre 1963 ; 4,99 ml/l en août 1964. Les minimums caractérisant au contraire les saisons des pluies : 4,46 ml/l en avril 1962 ; 4,31 ml/l en mars 1963 ; 4,43 ml/l en janvier 1964 ; 4,48 ml/l en janvier 1965.

Ces remarques rejoignent celles faites de 1957 à 1961 (Gérard, 1964). Elles confirment ainsi que les variations de l'oxygène dissous suivent l'inverse de celles de la température (en accord avec les lois physiques théoriques), mais sont presque semblables à celles des salinités (en désaccord avec la théorie). Il est probable, comme il avait déjà été indiqué (Gérard, 1964), que ces variations retracent au moins en partie l'évolution d'une population phytoplanctonique devant affronter les bouleversements du milieu aquatique causé par les abondantes précipitations de la saison des pluies.

2° Moyennes par heure (planche 2).

Dans l'intervalle de temps de nos observations (06.00 à 18.00), il est mis en évidence que l'heure de prélèvement est un facteur très important pour l'évolution de la concentration en oxygène dissous de l'eau de surface. L'étude des valeurs de cette étude (moyennes sur 3 ans) confirme donc exactement l'étude faite en avril 1965 (ANGOT *et al.*, 1966) ; il y était alors démontré que cette évolution des valeurs avec les heures étaient sous la dépendance directe de l'activité photosynthétique du phytoplancton.

Il apparaît en outre que les valeurs d'oxygène dissous sont variables suivant les saisons.

En saison sèche, les moyennes sur 3 ans croissent de 4,50 ml/l à 06.00 h jusqu'à 4,99 ml/l à 14.00 h. A partir de 14.00 h, la pente de la courbe décroissante est très faible ; les valeurs de la concentration en oxygène dissous restent élevées puisque celle-ci est encore de 4,77 ml/l à 18.00 h.

En saison des pluies, la courbe de l'évolution des valeurs au cours des heures de nos observations reste très semblable à celle intéressant la saison sèche mais est décalée par rapport à celle-ci vers les concentrations faibles en oxygène dissous. C'est ainsi qu'on a : 4,28 ml/l à 06.00 h (un minimum de 4,25 ml/l à 08.00 h), puis 4,76 ml/l à 14.00 h et enfin 4,52 ml/l à 18.00 h.

Il faut encore noter que les écarts entre ces moyennes sur 3 ans restent constants. En effet ils sont de :

- entre 06.00 et 14.00 h : 0,49 ml/l en saison sèche,
0,48 ml/l en saison des pluies
- entre 14.00 et 18.00 h : 0,22 ml/l en saison sèche
0,24 ml/l en saison des pluies.

3° Pourcentages de saturation (planches 1 et 2).

Les valeurs brutes des pourcentages de saturation, déterminés à partir du tableau de Fox (1907), ont varié entre 80,2 % (le 14 janvier 1963 à 06.00 h) et 122,7 % (le 13 juin 1964 à 12.00 h). Les moyennes mensuelles de ces mêmes pourcentages oscillent entre 94,8 % en mars et 104,6 % en août 1964 ; la courbe représentative de leurs variations au cours de nos trois années d'observations (planche 1) est très semblable à celles intéressant les moyennes mensuelles des concentrations en oxygène dissous exprimées en ml/l mais avec des valeurs beaucoup moins dispersées. On note aussi qu'il existe une relative stabilité du pourcentage de saturation en saison sèche autour de 99 %.

Les variations des moyennes par heure vérifient elles aussi, les observations que nous avons faites en avril 1965 (ANGOT *et al*, 1966). Dans tous les cas, la saturation (100 %) est atteinte entre 10.00 et 11.00 h et l'allure des courbes (planche 2) reste essentiellement la même.

Notons cependant quelques variations secondaires en fonction des saisons. Le minimum se situe à 06.00 h en saison sèche (93,4 %) au lieu de 08.00 h en saison des pluies (91,4 %). Par ailleurs, si le maximum du pourcentage de saturation est bien toujours à 14.00 h (107,2 % en saison sèche et 105,5 % en saison des pluies), on remarque qu'il est beaucoup plus étalé en saison des pluies (de 13.00 à 15.00 h) qu'en saison sèche (de 13.00 à 14.00 h). Enfin, l'eau reste sursaturée en oxygène dissous moins longtemps en saison des pluies (11.00 et 17.00 h) qu'en saison sèche (de 11.00 h à plus de 18.00 h) ; il est possible que cette dernière variation résulte de la nébulosité de la saison des pluies qui se caractérise par la formation de gros cumulo-nimbus dès 16.00 h, présence dont la première action est de faire considérablement faiblir la quantité d'énergie lumineuse qui parvient aux organismes photosynthétiques.

F. — DIAGRAMMES T. S. (planche 3)

Il nous paraît intéressant de donner ici quelques précisions sur les diagrammes T.S. obtenus à partir des moyennes mensuelles et portant sur les trois années de nos observations. Ces diagrammes ont en effet une allure générale qui est très semblable pour tous les points situés à proximité de Nosy Bé et qui, de ce fait, paraît bien caractériser le climat hydrologique de la région : ANGOT (1965), ANGOT (1966), FRONTIER (1966).

Dans tous les cas, le point d'inflexion des diagrammes se place en mai et en décembre-janvier, c'est-à-dire d'une part à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche (mai), d'autre part au début de la période où les précipitations atmosphériques sont les plus intenses (décembre-janvier). Cette action du climat atmosphérique sur les conditions hydrologiques du milieu aquatique ne se limite pas à la seule couche superficielle de la mer mais intervient jusqu'à des profondeurs de l'ordre de quelques dizaines de mètres. (ANGOT, 1965).

Dans le cas qui nous occupe plus précisément ici, on constate sur la planche 3 qu'il est possible de distinguer, selon les mois, trois grandes masses d'eaux caractérisées par leur densité et évoluant différemment.

Le premier ensemble est défini par un σ_t voisin de 23. La température est comprise entre 26° et 27° ; la salinité est supérieure à 35 ‰. Cette masse d'eau est rencontrée en juillet, août et septembre, c'est-à-dire au cœur de la saison sèche ; elle est marquée par une stabilité de la température et de la salinité.

Le deuxième ensemble est défini par un σ_t voisin de 21. La température oscille entre 29° et 30° ; la salinité est comprise entre 32,50 ‰ et 34,00 ‰. Cette masse d'eau est observée en février, mars et avril, c'est-à-dire au cœur de la saison des pluies ; elle est caractérisée par une stabilité de la température et une instabilité de la salinité.

Le troisième ensemble est défini par un σ_t voisin de 22. La température varie entre 27°5 et 29°5 et la salinité entre 34,50 ‰ et 35,20 ‰. Cette masse d'eau se rencontre d'une part en mai et juin, d'autre part en octobre, novembre, décembre et janvier, c'est-à-dire à la fin et au début de

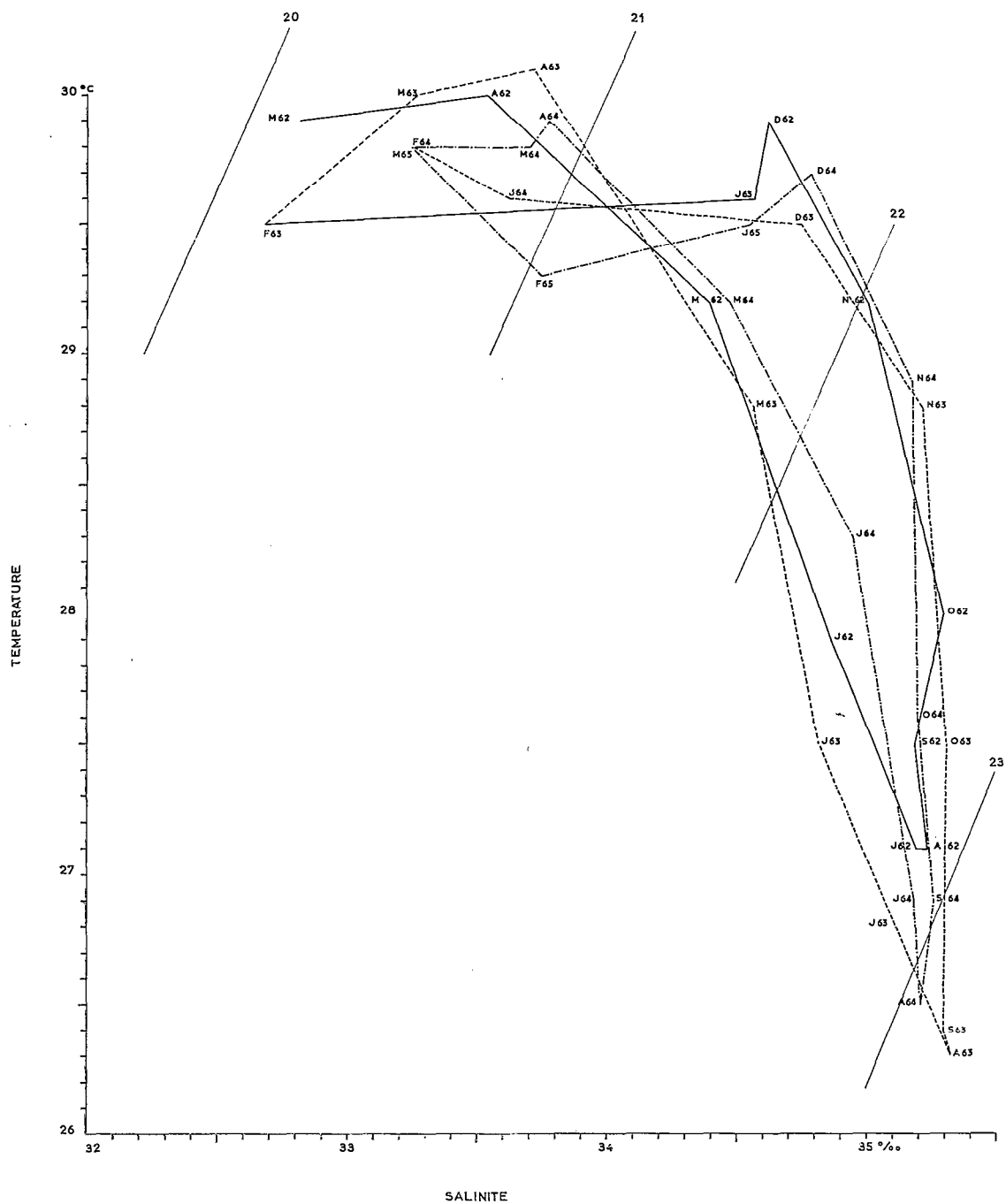


Planche 3. — Diagramme T-S illustrant les variations des moyennes mensuelles de mars 1962 à mars 1965 avec indication des courbes d'égalé densité (σ^t).

la saison des pluies. En mai-juin, on assiste à une chute très brutale de la température tandis que la salinité augmente légèrement. D'octobre à janvier, il y a d'abord (octobre-novembre) remontée rapide des températures avec une remarquable stabilité des salinités tandis que, à partir de décembre, la température augmente de manière moins rapide jusqu'à se stabiliser et la salinité commence à décroître.

De toute façon, l'ensemble des diagrammes .TS. fait ressortir très nettement deux types d'évolution de part et d'autre d'un σ_t voisin de 21,50 (mai puis décembre-janvier) : d'une part entre 21,50 et 23, chute des températures, d'autre part entre 21,50 et 20, chute des salinités.

Ce type d'évolution se retrouve dans toutes les eaux proches de Nosy Bé, les valeurs de σ_t étant simplement différentes selon les lieux d'échantillonnages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANGOT (M.), 1965. — Cycle annuel de l'hydrologie dans la région proche de Nosy Bé. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, III, 1, pp. 55-66.
- 1965. — Le phytoplancton de surface pendant l'année 1964 dans la baie d'Ambaro près de Nosy Bé. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, III, 4, pp. 5-18.
- ANGOT (M.) et GÉRARD (R.), 1966. — Hydrologie et phytoplancton de l'eau de surface en avril 1965 à Nosy Bé — *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, v. IV, 1.
- FOX (C. J. J.), 1907. — On the coefficients of absorption of the atmospheric gases in distilled water and sea water. *Cons. Perm. Explor. Mer, Public. Circonstance*, n° 41, p. 27.
- FRONTIER (S.), 1966. — Zooplancton de la région de Nosy Bé ; I : programme des récoltes et technique d'étude ; II : plancton de surface aux stations 5 et 10. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, IV, 3, 1966.
- GÉRARD (R.), 1964. — Étude de l'eau de mer de surface dans une baie de Nosy Bé — *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, v. II, 2, pp. 5-24.
- JACOBSEN (J.) et KNUDSEN (M.), 1921. — Dosage d'oxygène dans l'eau de mer par la méthode de Winkler. *Bull. Instr. Oceanogr. Monaco*, n° 390, pp. 1-16.
- MÉNACHÉ (M.), 1957. — Étude préliminaire de l'eau de surface dans la baie de Nosy Bé. *Mém. Inst. Scient. Madagascar*, F., v. 1, pp. 317-323.
- MIYAKE (Y.), 1939. — Chemical studies in the Western Pacific Ocean. *Bull. Chem. Soc. Japan*, n° 55, p. 14-29.
- OXNER (A.) et KNUDSEN (M.), 1920. — Chloruration par la méthode Knudsen. *Bull. Comm. Intern. Explor. Sc. de la Mer Méditerranée*, n° 3, p. 36.

TABLE 1

ANNÉE	MOIS	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ %	
1962	Mars.....	29.9	32.82	20.16	4.59	100.3	
	Avril.....	30.0	33.54	20.66	4.46	98.1	
	Mai.....	29.2	34.40	21.58	4.54	99.1	
	Juin.....	27.9	34.87	22.34	4.60	98.5	
	Juillet.....	27.1	35.20	22.84	4.65	98.3	
	Août.....	27.1	35.24	22.87	4.68	99.1	
	Septembre.....	27.5	35.19	22.71	4.68	99.7	
	Octobre.....	28.0	35.30	22.63	4.78	102.9	
	Novembre.....	29.2	35.01	22.03	4.67	102.5	
	Décembre.....	29.9	34.63	21.50	4.47	99.3	
	1963	Janvier.....	29.6	34.57	21.57	4.42	97.3
		Février.....	29.5	32.68	20.19	4.47	97.1
Mars.....		30.0	33.27	20.46	4.31	94.8	
Avril.....		30.1	33.72	20.77	4.51	100.2	
Mai.....		28.8	34.57	21.83	4.54	98.5	
Juin.....		27.5	34.82	22.44	4.70	99.8	
Juillet.....		26.8	35.11	22.87	4.74	99.5	
Août.....		26.3	35.33	23.19	4.79	100.1	
Septembre.....		26.4	35.30	23.15	4.80	100.3	
Octobre.....		27.5	35.31	22.81	4.71	100.4	
Novembre.....		28.8	35.22	22.32	4.58	99.9	
Décembre.....		29.5	34.75	21.74	4.54	99.9	
1964	Janvier.....	29.6	33.63	20.84	4.44	97.2	
	Février.....	29.8	33.26	20.50	4.53	99.4	
	Mars.....	29.8	33.70	20.84	4.54	99.7	
	Avril.....	29.9	33.78	20.86	4.50	99.2	
	Mai.....	29.2	34.48	21.64	4.59	100.1	
	Juin.....	28.3	34.95	22.27	4.64	100.0	
	Juillet.....	26.9	35.19	22.91	4.72	99.4	
	Août.....	26.5	35.21	23.04	4.99	104.6	
	Septembre.....	26.9	35.26	22.97	4.87	102.7	
	Octobre.....	27.6	35.20	22.69	4.75	101.5	
	Novembre.....	28.9	35.18	22.26	4.63	101.2	
	Décembre.....	29.7	34.79	21.69	4.59	101.3	
1965	Janvier.....	29.5	34.55	21.56	4.48	98.6	
	Février.....	29.3	33.75	21.05	4.51	97.9	
	Mars.....	29.8	33.25	20.52	4.57	100.1	

Moyennes mensuelles

TABLE 2

SAISON SÈCHE					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ² ml/l	O ² %
6	26.1	35.14	23.13	4.50	93.4
7	26.4	35.12	23.01	4.50	93.8
8	26.4	35.12	23.02	4.51	94.4
9	27.0	35.11	22.83	4.56	96.1
10	27.4	35.18	22.73	4.66	99.2
11	27.7	35.20	22.68	4.77	101.8
12	27.8	35.16	22.58	4.86	104.2
13	28.0	35.18	22.53	4.96	106.7
14	28.0	35.20	22.60	4.99	107.2
15	27.7	35.17	22.63	4.89	104.4
16	27.3	35.21	22.80	4.80	101.9
17	27.2	35.21	22.84	4.77	100.8
18	26.8	35.20	22.96	4.77	100.5
SAISON DES PLUIES					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ² ml/l	O ² %
6	28.3	34.11	21.64	4.28	91.6
7	28.4	34.23	21.69	4.28	92.0
8	28.6	34.10	21.52	4.25	91.4
9	29.1	34.15	21.44	4.34	94.6
10	29.6	34.00	21.11	4.44	97.4
11	30.1	34.01	20.99	4.53	100.2
12	30.0	34.23	21.17	4.62	102.2
13	30.2	34.24	21.11	4.72	104.9
14	30.1	34.15	21.07	4.76	105.5
15	30.1	34.22	21.15	4.74	105.1
16	29.7	34.09	21.15	4.61	101.3
17	29.5	34.25	21.36	4.57	100.2
18	29.3	34.25	21.43	4.52	98.7

Moyennes par heure (3 années groupées)

TABLE 3

Juin-Octobre 1962					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ² ml/l	O ² %
6	26.3	35.19	23.09	4.45	92.9
7	26.7	35.15	22.95	4.46	93.6
8	26.7	35.06	22.88	4.45	94.0
9	27.2	35.16	22.79	4.49	95.0
10	27.7	35.19	22.66	4.69	100.2
11	27.9	35.20	22.60	4.77	102.3
12	28.2	35.13	22.45	4.77	102.7
13	28.4	35.20	22.42	4.91	106.4
14	28.4	35.17	22.42	4.87	105.3
15	27.9	35.18	22.57	4.81	103.0
16	27.6	35.22	22.73	4.68	99.9
17	27.4	35.17	22.70	4.73	100.4
18	27.4	35.13	22.70	4.67	100.0
Juin-Octobre 1963					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ² ml/l	O ² %
6	26.0	35.09	23.13	4.49	93.1
7	26.1	35.17	23.15	4.52	93.8
8	26.1	35.16	23.13	4.51	93.8
9	26.6	35.10	22.97	4.56	95.6
10	27.1	35.17	22.84	4.64	98.0
11	27.1	35.21	22.86	4.78	101.1
12	27.5	35.20	22.71	4.87	103.7
13	27.8	35.14	22.56	4.89	104.7
14	27.5	35.25	22.76	4.98	106.0
15	27.5	35.17	22.71	4.97	105.8
16	27.0	35.22	22.89	4.85	102.4
17	26.8	35.24	21.99	4.82	101.3
18	26.3	35.31	23.19	4.80	100.1
Juin-Octobre 1964					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ² ml/l	O ² %
6	26.0	35.16	23.19	4.57	94.6
7	26.3	35.05	22.94	4.52	94.1

Moyennes par heure (en saison sèche)

TABLE 3 (suite et fin)

Heure	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ ‰
8	26.4	35.15	23.05	4.56	95.2
9	27.2	35.08	22.72	4.61	97.7
10	27.5	35.17	22.69	4.67	99.5
11	27.9	35.20	22.58	4.75	101.8
12	27.8	35.15	22.61	4.96	106.2
13	27.8	35.20	22.62	5.10	109.1
14	28.0	35.19	22.62	5.12	109.9
15	27.8	35.17	22.60	4.88	104.5
16	27.4	35.20	22.77	4.86	103.1
17	27.3	35.22	22.82	4.76	100.9
18	26.5	35.19	23.05	4.84	101.1

Moyennes par heure (en saison sèche)

TABLE 4

Novembre 1962-Mai 1963					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ ‰
6	28.4	33.84	21.40	4.30	92.1
7	28.3	34.10	21.62	4.22	90.4
8	28.6	34.07	21.49	4.24	91.2
9	29.1	34.21	21.47	4.35	94.8
10	29.7	33.83	20.93	4.41	96.7
11	30.3	34.16	21.01	4.51	100.2
12	30.3	34.12	20.97	4.63	102.7
13	30.0	34.03	21.01	4.68	103.3
14	30.0	34.05	21.03	4.72	104.2
15	30.1	33.96	20.96	4.63	102.4
16	29.8	34.16	21.17	4.56	100.4
17	29.6	34.27	21.32	4.58	100.7
18	29.7	34.03	21.12	4.46	98.0
Novembre 1963-Mai 1964					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ ‰
6	28.4	34.05	21.58	4.28	91.8
7	28.5	34.32	21.74	4.33	93.1

Moyennes par heure (en saison des pluies)

TABLE 4 (suite)

Heure	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ %
8	28.7	34.13	21.52	4.27	92.0
9	29.0	33.97	21.33	4.33	93.9
10	29.6	33.85	21.01	4.43	97.1
11	30.0	33.68	20.76	4.52	99.6
12	29.9	34.28	21.23	4.62	102.0
13	30.4	34.33	21.12	4.80	106.9
14	30.2	34.07	20.98	4.69	104.0
15	30.1	34.29	21.22	4.81	106.7
16	29.7	33.84	20.97	4.59	100.7
17	29.6	34.16	21.31	4.56	100.2
18	29.2	34.33	21.52	4.54	99.1
Novembre 1964-Mars 1965					
Heure	T°	S ‰	σ_t	O ₂ ml/l	O ₂ %
6	28.2	34.44	21.95	4.25	91.2
7	28.5	34.26	21.70	4.29	92.3
8	28.5	34.09	21.56	4.25	91.2
9	29.1	34.28	21.52	4.34	94.6
10	29.5	34.32	21.40	4.49	98.5
11	29.9	34.20	21.20	4.55	100.4
12	29.7	34.30	31.32	4.62	101.8
13	30.2	34.37	21.19	4.69	104.2
14	30.1	34.32	21.19	4.88	108.2
15	30.1	34.42	21.27	4.78	106.0
16	29.7	34.27	21.31	4.68	103.1
17	29.4	34.33	21.44	4.56	99.8
18	28.9	34.38	21.65	4.56	98.9
Moyennes par heure (en saison des pluies)					

TABLE 5

	T°C		S ‰		σ_t		O ₂ ml/l		O ₂ %	
	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini
Mars.....1962.	31.6	28.5	33.70	29.96	21.21	18.16	5.32	4.10	117.5	88.2
Avril.....	31.4	28.3	34.44	32.54	21.75	19.91	4.96	3.83	111.7	81.7
Mai.....	31.7	27.0	34.77	34.05	22.49	20.52	5.19	4.07	115.1	87.5
Juin.....	29.9	26.2	35.08	34.57	22.94	21.67	5.13	4.27	111.5	89.2

TABLE 5 (suite et fin)

	T°		S ‰		σt		O ₂ ml/l		O ₂ %	
	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini
Juillet.....1962..	28.5	25.7	35.40	35.09	23.31	22.38	5.03	4.37	107.9	91.4
Août.....	28.7	25.8	35.63	35.16	23.39	22.36	5.24	4.27	113.2	90.5
Septembre.....	29.4	26.1	35.34	33.68	23.21	22.06	5.28	4.21	116.3	91.6
Octobre.....	29.9	26.2	35.42	35.17	23.13	21.99	5.38	4.41	117.5	91.9
Novembre.....	31.1	26.0	35.31	33.66	23.29	21.27	5.41	4.24	121.8	91.2
Décembre.....	31.6	28.2	34.97	33.40	22.31	20.56	5.17	3.85	118.0	83.2
Janvier.....1963..	30.9	28.0	34.95	33.39	22.33	20.98	5.06	3.69	112.7	80.2
Février.....	32.1	27.1	34.95	27.16	22.11	15.86	5.04	3.90	111.0	81.4
Mars.....	31.8	27.9	34.05	31.31	21.41	19.11	5.00	3.88	110.6	82.5
Avril.....	31.7	28.6	34.13	32.68	21.40	19.93	5.00	3.99	112.5	86.4
Mai.....	30.6	27.4	34.84	33.83	22.47	20.75	5.23	4.10	114.4	87.0
Juin.....	28.8	26.4	35.05	33.80	22.91	21.31	5.37	4.16	116.7	86.8
Juillet.....	28.4	24.4	35.44	34.86	23.78	22.41	5.15	4.43	109.8	92.2
Août.....	28.2	25.0	35.53	34.91	23.63	22.65	5.56	4.46	116.8	92.6
Septembre.....	27.6	24.9	35.46	35.19	23.57	22.75	5.32	4.48	113.2	91.2
Octobre.....	29.2	25.8	35.57	35.01	23.36	22.21	5.17	4.19	113.6	87.8
Novembre.....	31.3	27.1	35.51	34.67	22.91	21.58	5.06	4.02	113.2	86.6
Décembre.....	31.5	27.7	35.34	32.01	22.57	19.98	5.38	4.09	120.1	86.5
Janvier.....1964..	31.4	26.9	34.89	26.30	21.93	16.25	5.18	4.08	114.1	81.0
Février.....	31.7	27.5	34.34	29.20	21.72	18.23	5.37	3.80	119.3	82.1
Mars.....	31.3	27.6	34.54	30.30	21.97	19.02	5.39	3.97	121.1	86.1
Avril.....	31.7	28.3	34.35	31.95	21.80	19.43	5.03	4.07	114.6	87.3
Mai.....	30.8	27.5	34.82	34.14	22.40	20.98	5.31	4.08	118.0	87.2
Juin.....	29.8	26.7	35.08	34.77	22.79	21.68	5.56	4.23	122.7	89.8
Juillet.....	28.7	24.9	35.42	34.88	23.60	22.32	5.36	4.32	116.3	90.2
Août.....	28.1	25.1	35.39	35.08	23.51	22.58	5.73	4.47	118.9	92.7
Septembre.....	28.4	24.7	35.42	34.94	23.59	22.52	5.46	4.07	117.4	86.6
Octobre.....	29.7	26.2	35.51	34.19	23.27	22.05	5.29	4.42	114.3	93.1
Novembre.....	31.0	27.7	35.47	34.28	22.76	21.65	5.17	4.12	114.6	88.0
Décembre.....	32.4	28.2	35.25	34.05	22.38	20.76	5.20	3.88	117.6	83.8
Janvier.....1965..	31.7	27.1	35.01	33.15	22.20	20.96	5.08	4.02	114.3	87.1
Février.....	31.5	27.4	34.57	32.18	21.87	19.70	5.36	3.95	117.5	85.1
Mars.....	31.4	28.1	34.08	31.33	21.44	19.43	5.29	4.10	117.1	88.0

Valeurs absolues des minimums et maximums pour chaque mois d'observations