

HYPOTHESES SUR L'ORIGINE DES MORTALITES  
OBSERVEES EN LAGUNE EBRIE EN 1979

---

par

Daniel GUIRAL et Jean-Marie CHANTRAINE  
Centre de Recherches Océanographiques  
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

R E S U M E

Au cours de la saison sèche 1979 des mortalités importantes de poissons ont été observées dans les secteurs les plus productifs de la lagune Ebrié. Après une synthèse des données disponibles, des hypothèses ont pu être formulées, permettant l'établissement d'un programme d'étude visant à déterminer les mécanismes d'apparition de ces crises. Les résultats obtenus en 1980 au cours du programme MORLA (MORTalités LAGunaires) sont présentés.

Les mortalités résulteraient d'une évolution naturelle du milieu lagunaire. Des situations climatologiques particulières se traduisant par une alternance de stratification et d'homogénéisation des eaux, ont permis un accroissement des concentrations en sels nutritifs à partir du stock sédimentaire. Cet enrichissement serait à l'origine d'un bloom phytoplanctonique. La mort de cette biomasse anormalement élevée, suivie de sa sédimentation provoquerait le dépassement de la capacité autoépuratrice aérobie du système. Pour recycler ce stock énergétique le milieu aurait recours à des processus de minéralisation anaérobie. Les produits issus de ce métabolisme ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ...) seraient à l'origine des mortalités. Ce schéma, incomplètement vérifié en 1980 (années sans mortalités notables), devrait faire l'objet de recherches complémentaires dans les années à venir.

Mots-clés : Mortalités, Analyse climatologique.

HYPOTHESIS ON THE ORIGIN OF THE MORTALITIES  
OBSERVED IN 1979 IN THE EBRIE LAGOON

---

A B S T R A C T

During the dry season of 1979 important mortalities have been noticed in the most productive areas of the Ebrié lagoon. After a synthesis of the available data, hypothesis have been formulated allowing the setting up of a survey program in order to determinate the mechanism of the crisis. The results obtained in 1980 during the MORLA program (MORTalités LAGunaires) are exposed.

The mortalities would result from a natural evolution of the lagoon. Peculiar climatological situations (leading to alternatively stratification and homogenization of the waters) resulted in an increasing concentration of the nutrients issued from the sedimentary stock. That enrichment of nutrients would lead to a phytoplanktonic bloom. At the time of the death and sedimentation of that abnormally high biomass, the aerobic autoepurative capacity of the system would be overtaken. In order to recycle the energetic stock the lagoon system would have recourse to anaerobic mineralization processes. The products of this metabolism ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{SH}_2$ ,  $\text{CH}_4$  ...) would be at the origin of the mortalities. Complementary researches on the incompletely checked frame drawn in 1980 (year without noticeable fish mortalities) would have to be planned.

Key words : Mortalities, Climatological analysis.

## INTRODUCTION

Cet article qui présente une synthèse des données relatives aux mortalités observées en 1979 et à leurs conditions d'apparition se subdivise en deux parties :

1° - Données relatives aux conditions hydroclimatiques et aux observations biologiques lors des mortalités de 1979.

2° - Résultats obtenus en 1980 lors de la réalisation du programme MORLA (MORTalités LAGunaires).

Les données relatives aux mortalités observées en avril 1979 dans le secteur ouest de la lagune Ebrié sont très fragmentaires et ne permettent pas de suivre et d'analyser avec précision les diverses étapes de ce phénomène car il n'existait pas alors de programme spécifiquement chimique au Centre de Recherches Océanographiques. De ce fait nous ne disposons d'aucun renseignement sur les conditions physico-chimiques du milieu au cours des mortalités. La sortie effectuée début mai 1979, soit après le phénomène, n'a pu fournir de données que sur l'état du milieu lagunaire en fin de crise.

## 1 - DONNEES HYDROCLIMATIQUES ET BIOLOGIQUES PENDANT LA CRISE

Les mortalités observées essentiellement au cours des mois d'avril et de mai correspondant à la fin de la grande saison sèche de 1979 apparaissent remarquables par leur importance car elles ont concerné l'ensemble de la biocénose (poissons, crabes et mollusques). Antérieurement, des mortalités avaient été observées mais elles n'avaient touché qu'une partie restreinte du milieu lagunaire et l'hypothèse d'empoisonnement accidentel (rejet industriel) ou volontaire (pêche utilisant des composés toxiques comme le lindane) ne pouvait être exclue. En 1979 l'étendue des zones concernées semble peu compatible avec cette hypothèse d'une intoxication.

En effet des poissons mourants ou dérivants ont été observés sur l'ensemble du secteur V et sur une partie du secteur IV soit sur une superficie équivalant au tiers de la lagune Ebrié (Fig.1). Cette estimation correspond en fait à une évaluation minimale car nous n'avons pas considéré le secteur VI comme affecté par les mortalités, ne disposant pas pour ce secteur d'observations directes. Cependant il apparaît peu probable que cette zone ait été épargnée car les secteurs V et VI ne présentent pas de différences écologiques notables (ces régions, à caractère continental prononcé, sont aussi les plus productives du système lagunaire Ebrié). Notons par ailleurs qu'un phénomène similaire s'est déjà produit en lagune de Grand-Lahou.

### 1.1. DONNEES HYDROCLIMATIQUES EN 1979

#### 1.1.1. Données climatologiques au cours de la saison sèche en 1979.

Pour cette analyse nous avons utilisé les données pluviométriques (ASECNA) des stations de Dabou et Jacquville afin de définir les conditions climatologiques dans les secteurs affectés par les mortalités, et les données de la station d'Adiopodoumé (Monteny et Lhomme, 1980) pour replacer l'année 1979 dans un contexte plus général.

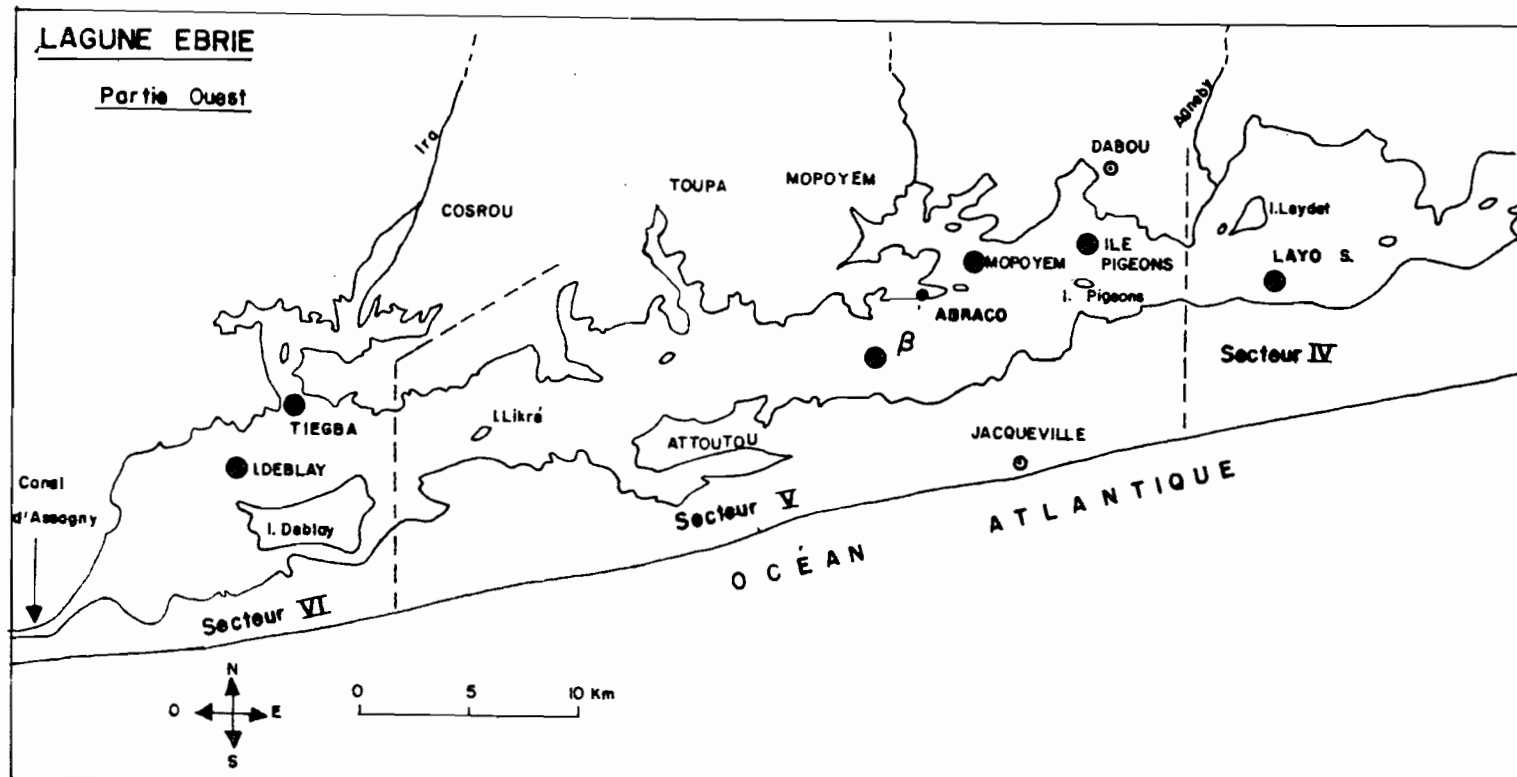


Figure 1 - Zone où se sont produites les mortalités et situation des stations visitées.

Map of the lagoon area where mortalities occurred and location of the visited stations.

La pluviosité en 1979 a montré au cours de la saison sèche un net déficit comparativement aux données moyennes et ceci, aussi bien à Jacqueville qu'à Dabou (Fig.2 et 3). Ce déficit peut être estimé pour les mois de janvier, février et mars à 94 mm (Jacqueville) et 65 mm (Dabou) soit respectivement 65 et 62% des pluviosités de la saison (moyenne 1950-1980). Le contraste avec l'année 1978 est marqué : les pluviosités de la même période sont en effet excédentaires (à Jacqueville +21 mm, soit +15% ; à Dabou +47 mm, soit +24%).

Le tableau I rassemble les températures de l'air enregistrées à la station d'Adiopodoumé (maximum, minimum, moyenne, maximum et minimum absolus) de janvier à mai pour l'année 1979 et pour l'année moyenne.

Les températures maximales absolues pour les mois d'avril et mai 1979 sont parmi les plus fortes enregistrées depuis 1970. On peut noter de plus que les températures minimales moyennes de la même année sont de plus de 1°C supérieures à la moyenne 1950-1979.

Afin de définir une typologie des saisons sèches depuis 1950 (Tab.II), nous avons choisi d'utiliser l'indice d'aridité de De Martonne. Celui-ci permet d'intégrer pluviosité et température pour chacun des mois de la saison sèche :

$$I = \frac{12P}{10+T} \quad \begin{array}{l} P = \text{Pluviosité en mm} \\ T = \text{Température en } ^\circ\text{C} \end{array}$$

L'interprétation de la matrice de corrélation (Annexe 1) met en évidence quatre types principaux de saison sèche :

Type 1 - Rencontré 14 fois sur les 29 années d'observation. Il est caractérisé par un indice d'aridité très faible (< 10) au mois de janvier.

Exemple type : 1977  $I_j = 0,29$   $I_f = 11,94$   
 $I_m = 12,78$   $I_a = 31,54$

Type 2 - Rencontré 5 fois. Il est caractérisé par un indice d'aridité supérieur à 25 au mois de janvier.

Exemple type : 1963  $I_j = 33,66$   $I_f = 6,06$   
 $I_m = 34,98$   $I_a = 32,66$

Type 3 - Rencontré 3 fois. Il est caractérisé par un indice d'aridité très faible en avril.

Exemple type : 1968  $I_j = 9,98$   $I_f = 46,35$   
 $I_m = 18,71$   $I_a = 18,95$

Type 4 - Rencontré 2 fois. Il est caractérisé par un indice d'aridité très fort en février.

Exemple type : 1975  $I_j = 0,00$   $I_f = 72,10$   
 $I_m = 47,13$   $I_a = 63,36$

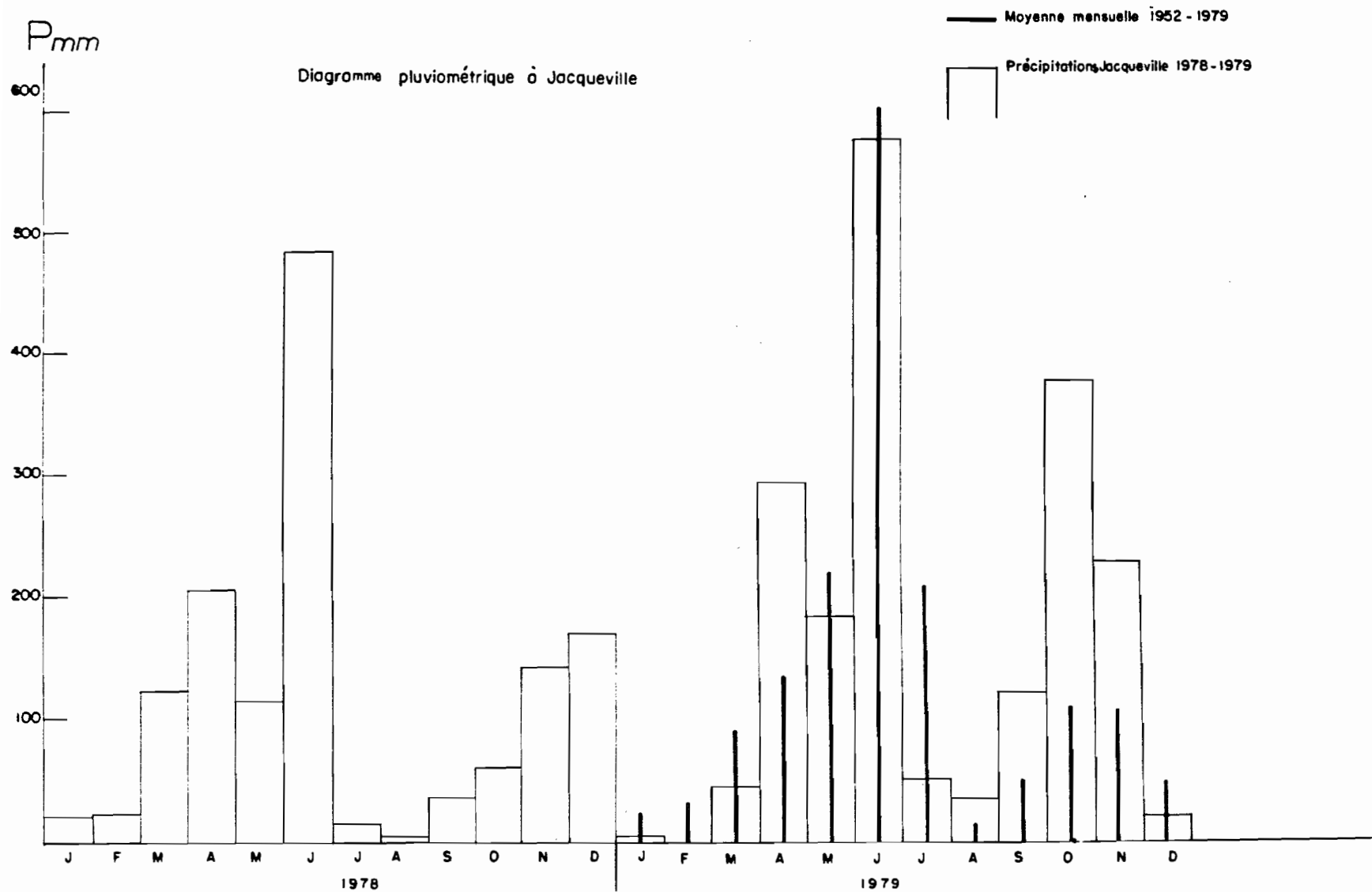


Figure 2 - Diagrammes pluviométriques de Jacqueville en 1978 et 1979.

Rainfall diagrams of Jacqueville in 1978 and 1979.

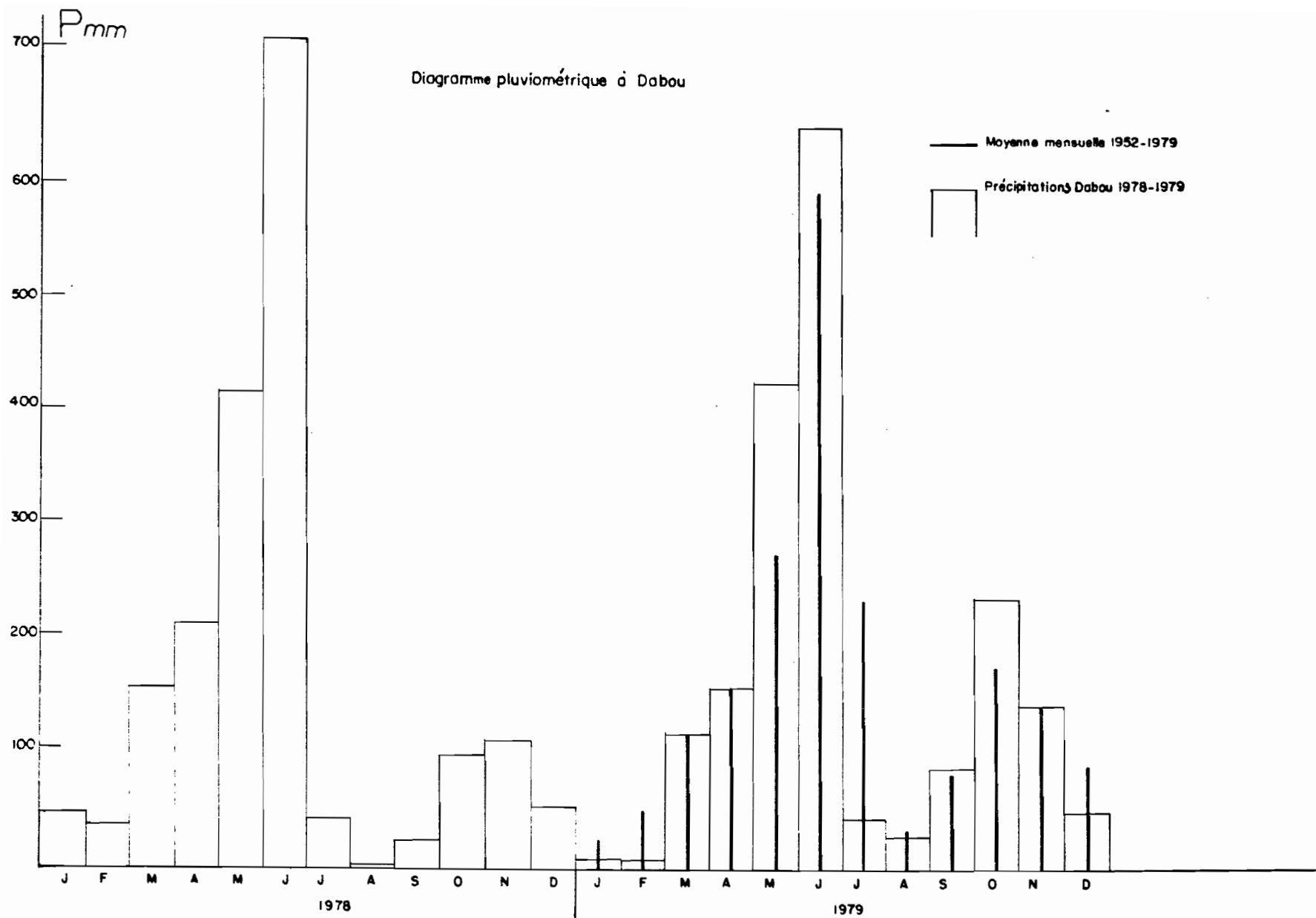


Figure 3 - Diagrammes pluviométriques de Dabou en 1978 et 1979.

Rainfall diagrams of Dabou in 1978 and 1979.

	M	m	$\frac{M+m}{2}$	M(abs) * 1973	m(abs) * 1975	M	m	$\frac{M+m}{2}$	M(abs) * 29	m(abs) * 2 et 31
Janvier	31,1	22,2	26,7	34,2 1973	13,4 1975	31,3	24,4	27,9	32,2 29	23,0 2 et 31
Février	31,9	23,1	27,7	34,5 1976	19,0 1976	32,3	24,5	28,4	33,0 13 et 15	22,0 2
Mars	32,1	23,3	27,7	35,2 1973	20,2 1974	32,3	24,6	28,5	33,5 16	21,5 23
Avril	31,8	23,3	27,6	34,5 1977	19,8 1972	31,8	24,3	28,1	33,4 16	21,8 3
Mai	30,9	23,3	27,0	32,8 1979	21,0 1975	30,3	23,4	26,8	32,8 23	21,5 30
	1950 - 1979			1970 - 1979		1979				
	Valeurs moyennes									

Tableau I - Températures de l'air (°C) enregistrées à la station d'Adiopodoumé.  
Valeurs moyennes et valeurs de l'année 1979.

M = moyenne mensuelle des maximums journaliers  
m = moyenne mensuelle des minimums journaliers  
M(abs) = maximum absolu (\* valeur et année d'observation)  
m(abs) = minimum absolu (\* valeur et jours d'observation)

Table I - Air temperatures recorded at the bioclimatological station of Adiopodoumé.  
Average values and values of 1979.

M = monthly average of the daily maxima  
m = monthly average of the daily minima  
M(abs) = absolute maximum (\* value and year of observation)  
m(abs) = absolute minimum (\* value and days of observation)



Les indices d'aridité de l'année 1979 ( $I_j = 0,03$  ;  $I_f = 6,90$  ;  $I_m = 19,26$  ;  $I_a = 47,65$ ) classent cette année dans la catégorie de type 1. En conséquence la saison sèche 1979, bien que nettement déficitaire du point de vue des précipitations, ne peut être considérée comme exceptionnelle comparativement aux saisons sèches des années antérieures.

Année	$I_j$	$I_f$	$I_m$	$I_a$
1979	0,03	6,90	19,26	47,65
1978	12,32	27,20	15,17	66,72
1977	0,29	11,94	12,78	31,54
1976	9,07	29,22	50,86	49,71
1975	0,00	72,10	47,13	63,36
1974	18,74	20,79	53,03	24,84
1973	0,00	13,37	19,21	69,40
1972	0,80	38,77	32,89	27,10
1971	13,00	2,70	25,21	32,60
1970	10,41	20,79	33,51	50,33
1969	4,23	4,07	27,78	54,79
1968	9,98	46,35	18,71	18,95
1967	0,56	7,50	22,55	29,01
1966	5,82	7,40	40,26	21,30
1965	1,29	20,80	50,51	65,32

Année	$I_j$	$I_f$	$I_m$	$I_a$
1964	7,43	14,49	15,42	21,05
1963	33,66	6,06	34,98	32,66
1962	8,05	4,63	47,87	54,42
1961	25,15	17,97	17,84	48,80
1960	24,53	20,11	42,13	63,20
1959	0,99	25,19	14,75	85,89
1958	39,29	4,82	23,90	84,03
1957	23,73	1,18	24,25	31,46
1956	1,94	8,85	45,37	28,00
1955	8,98	30,10	31,62	105,61
1954	3,02	24,06	78,82	60,35
1953	2,52	41,38	52,22	50,41
1951	14,57	23,53	19,87	7,67
1950	11,72	9,41	65,27	47,51

Tableau II - Indices d'aridité des mois de saison sèche calculés d'après les données de la station d'Adiopodoumé de 1950 à 1979.

Table II - Dryness rates of De Martonne's dry season months calculated from the Adiopodoumé station data (from 1950 to 1979).

1.1.2. Données climatologiques pendant la période précédant les mortalités.

L'analyse des données climatologiques quotidiennes en avril 1979 permet de distinguer des situations particulières où des journées de grand vent encadrent des périodes pluvieuses sans vent, et par conséquent à insolation faible et à températures basses (Fig.4 et Tab.III). On peut concevoir que ces situations ont fait subir au milieu lagunaire des perturbations qui peuvent se résumer en deux phénomènes :

- un refroidissement brutal et une homogénéisation de la colonne d'eau consécutive à un refroidissement des eaux de surface et à l'action mécanique du vent.

- un ralentissement possible de la production d'oxygène par inhibition de l'activité photosynthétique liée à la réduction de l'insolation, et ce malgré l'action oxygénante de l'atmosphère renforcée par le vent et le refroidissement.

Jour d'avril 1979	Température maximum de l'air (°C)	Température minimum de l'air (°C)	Précipitations (mm)	Chemin parcouru par le vent (km.j <sup>-1</sup> )	Rayonnement global (J.cm <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> )	Durée d'insolation (heures)
16	33,4	24,5	0,0	233	2413	10,4
17	31,4	25,5	0,6	135	1333	4,2
18	25,8	23,0	51,0	92	441	0,0
19	31,5	22,0	0,0	95	2527	10,6
20	33,0	23,7	3,3	219	2261	9,9
26	32,5	25,0	19,7	138	1567	6,1
27	28,5	22,5	32,2	213	803	0,0
28	30,5	22,2	0,0	88	1554	3,5

Tableau III - Paramètres climatologiques journaliers de la période précédant les mortalités.

Table III - Daily climatological parameters during the period before the beginning of the mortalities.

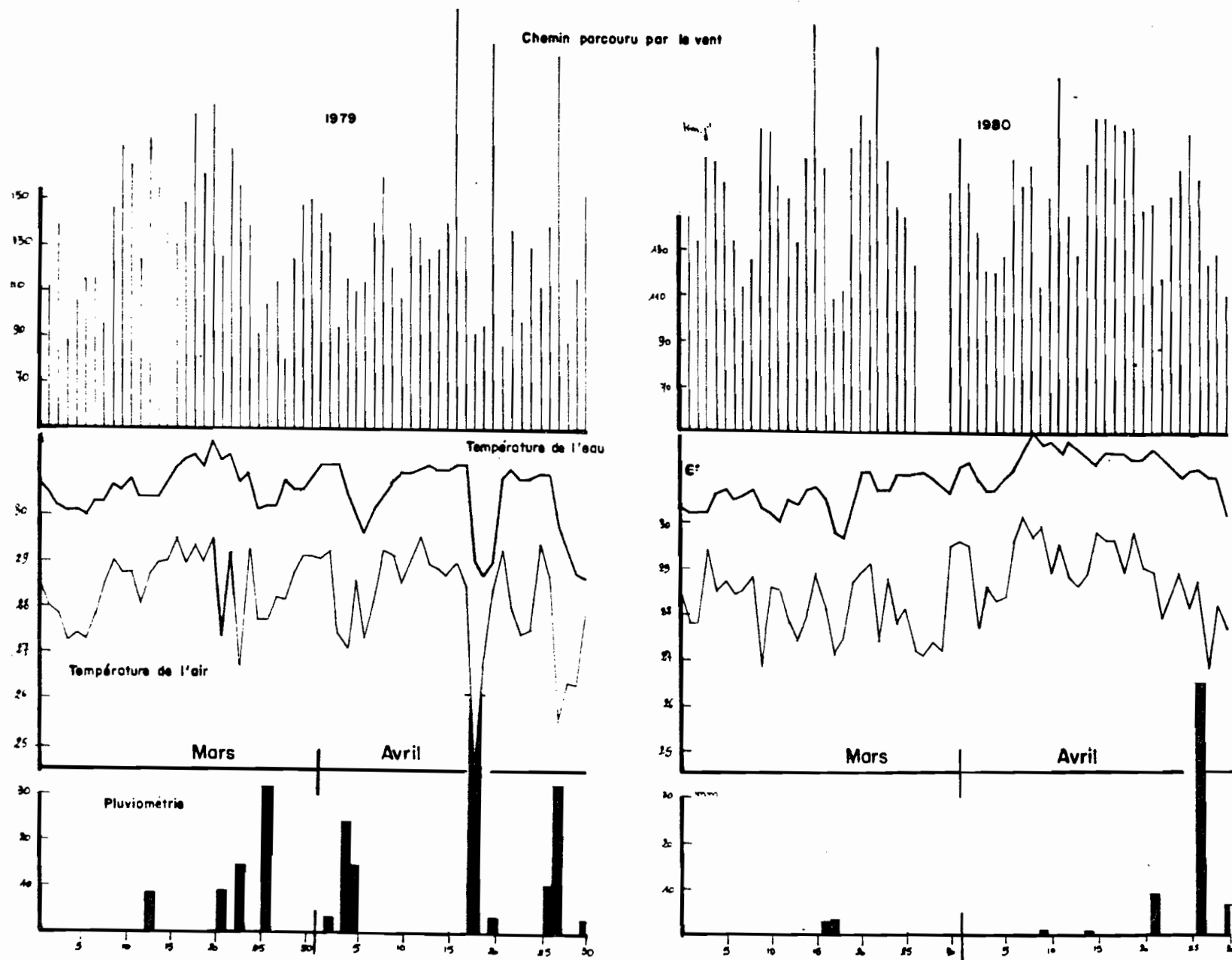


Figure 4 - Données climatologiques des mois de mars et avril en 1979 et 1980 à Adiopodoumé.

Climatological data of March and April in 1979 and 1980 in Adiopodoumé.

Alors que les conditions climatologiques moyennes au cours de la saison sèche 1979 n'apparaissent pas particulièrement anormales, l'examen des situations journalières permet de mettre en évidence la spécificité de la saison sèche 1979.

Cette analyse traduit l'importance que revêt le choix de la largeur de la maille de temps dans une étude. On vérifie dans cette analyse que ce sont les situations extrêmes qui, bien plus que les conditions moyennes, contrôlent de façon déterminante le fonctionnement de l'écosystème.

### 1.1.3. Données physico-chimiques relatives au milieu lagunaire en 1979.

Nous ne disposons d'aucunes données sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux lors des mortalités en 1979. Cependant des informations ont été recueillies auprès des pêcheurs. Ceux-ci n'ont pas remarqué de coloration anormale des eaux mais ils précisent avoir ressenti des irritations oculaires au cours de leurs plongées fréquentes. Ce phénomène pourrait être la conséquence d'une acidification de l'eau.

Une sortie a été effectuée au mois de mai, soit à la fin de la période de crise pour estimer l'importance des mortalités et définir les conditions du milieu lagunaire. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence :

- une forte température des eaux ( $> 30^{\circ}\text{C}$ )
- une faible amplitude thermique journalière ( $\approx 1^{\circ}\text{C}$ )
- la présence d'oxygène dans toute la colonne d'eau<sup>(1)</sup>
- un rythme nyctéméral de l'oxygène, caractérisé par une respiration nocturne suivie d'une réoxygénation diurne liée à la photosynthèse compensant le déficit nocturne.
- des salinités peu différentes des valeurs habituellement trouvées à cette période dans ce secteur. Il est à noter cependant que les mortalités se situent au coeur de la saison sèche lorsque la salinité des eaux est maximale.

## 1.2. DONNEES BIOLOGIQUES

### 1.2.1. Peuplements phytoplanctoniques.

Des échantillons de phytoplancton ont été prélevés lors de la sortie effectuée en mai 1979. Les analyses<sup>(2)</sup> permettent de mettre en évidence

---

(1) De 8,6 à 2,9 mg/l de la surface au fond.

(2) Nous remercions A. Iltis, hydrobiologiste de l'ORSTOM, pour avoir réalisé les analyses de phytoplancton.

un peuplement composé presque exclusivement de cyanophycés (faiblement diversifié et caractéristique de cette zone lagunaire) et d'un pyrrhophyte flagellé représentant une part importante de la biomasse phytoplanctonique.

Les dosages de chlorophylle sur ces échantillons indiquent que les concentrations sont très supérieures aux valeurs habituellement trouvées dans ce secteur qui est, rappelons-le, le plus productif de la lagune (Tab.IV).

STATIONS	Concentrations moyennes en mg/m <sup>3</sup> au cours des saisons sèches 1974 - 1977	Concentrations en mai 1979 en mg/m <sup>3</sup>
Baie de Mopoyem	25 à 50	Valeurs toutes supérieures à 150 avec un maximum à 223
Chenal Central Secteur V	25	Valeurs supérieures à 100
Est de l'île Deblay	50	Valeurs supérieures à 150

Tableau IV - Concentrations des eaux en chlorophylle "a" en saison sèche au cours de la période 1974-1977 (d'après Pagès *et al.*, 1979) et en mai 1979 dans divers secteurs lagunaires.

Table IV - Chlorophyll "a" contents of the waters during the dry season from 1974 to 1977 (from Pagès *et al.*, 1979) and in May 1979 in various lagoon areas.

Les dénombrements phytoplanctoniques confirment que la densité algale de 1979 est de l'ordre de 4 fois supérieure à l'évaluation de 1977 (Iltis, comm. pers.). Par ailleurs aucune des espèces déterminées n'a été signalée comme pouvant induire une mortalité par émission de composés toxiques (Iltis, comm. Pers.).

#### 1.2.2. Impact sur les peuplements nectoniques.

Les mortalités ont affecté des espèces lagunaires pélagiques et benthiques. Bien que ne disposant pas encore des résultats des statistiques de pêche de 1979, il semble que les P.U.E. (Prise par Unité d'Effort) correspondant à cette période semblent avoir été anormalement basses, comparativement à 1978. En effet, alors que l'effort de pêche diminuait de 8%, la P.U.E. totale a chuté de 43% (51% pour les ethmaloses). Sans qu'il soit encore possible de relier directement la chute des P.U.E. aux mortalités, il est fort probable que celles-ci aient fait subir à l'écosystème lagunaire d'importantes perturbations.

Au cours de cette période a été notée dans les captures une abondance exceptionnelle de crevettes. Celle-ci peut être liée à un réel accroissement des populations, ou à une mobilité anormalement forte des crevettes, facilitant ainsi leur capture. Le traitement des statistiques de pêche incluant crabes et crevettes devrait permettre de quantifier les modifications enregistrées en 1979 et notamment de préciser si elles sont une conséquence des mortalités.

### 1.3. INTERPRETATION DES DONNEES RECUEILLIES EN 1979 ET HYPOTHESES SUR LES CONDITIONS D'APPARITION DES MORTALITES

Les mortalités de poissons observées au cours de la saison sèche 1979 en lagune Ebrié sont apparues au cours d'une année caractérisée par une faible pluviosité, des maximums thermiques élevés, et des situations climatologiques particulières ayant pu conduire successivement :

- un développement phytoplanctonique exceptionnel
- un ralentissement de l'activité photosynthétique
- une homogénéisation des eaux due aux coups de vent.

La très forte densité algale modifie profondément les cycles biochimiques lagunaires, en particulier celui de l'oxygène dissous : variations nycthémérales fortes et désoxygénation nocturne.

L'ensemble des données et des informations recueillies oriente les recherches sur les causes et le mécanisme du phénomène de mortalité.

Les conditions climatologiques (stabilité climatique, température et insolation élevées) ont favorisé un intense développement des populations phytoplanctoniques dans les zones riches en sels nutritifs. Cet accroissement de la biomasse a provoqué une consommation d'oxygène accrue. En effet l'oxygène dissous est consommé par la respiration nocturne de la biocénose, par la minéralisation de la matière organique morte dans la colonne d'eau et les sédiments, et enfin par la réoxydation des composés minéraux réduits des couches profondes. En supposant que la désoxygénation des eaux profondes ait été totale, alors une activité anaérobie se serait développée, libérant ainsi dans le milieu des composés minéraux réduits toxiques tels que  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ , qui pourraient être à l'origine des mortalités et peut-être aussi de l'irritation oculaire des pêcheurs déjà signalée.

En résumé les mortalités résulteraient d'une évolution naturelle du milieu lagunaire et serait la phase ultime d'un mécanisme biologique s'opérant en deux étapes successives :

- désoxygénation nocturne liée au bloom phytoplanctonique consécutif aux conditions climatologiques et hydrochimiques favorables
- intoxication du milieu naturel par libération de composés nocifs.

Sur la base de ces hypothèses, a été mis en place au cours de la saison sèche 1980, un programme de suivi des conditions de milieu en lagune Ebrié : le programme MORLA (MORTALITÉS LAGUNAIRES).

## 2 - RESULTATS OBTENUS AU COURS DU PROGRAMME MORLA

Les objectifs du programme étaient de décrire et d'expliquer les mortalités massives en lagune, puis d'en tirer les éléments qui permettraient de les prévoir. Son exécution comprenait deux phases distinctes :

- la première consistait à suivre avec un minimum de paramètres l'évolution physico-chimique des eaux lagunaires afin de déceler les phénomènes précurseurs des mortalités.

- la seconde correspondait à une étude intensive de l'évolution du milieu au cours de la crise, si elle se produisait, et n'était donc à mettre en oeuvre que si l'évolution des paramètres physico-chimiques laissait prévoir un renouvellement du phénomène. Celui-ci ne s'est pas reproduit en 1980.

Les résultats et les conclusions présentés découlent donc de la phase d'étude préliminaire pendant laquelle huit campagnes ont été effectuées, de la mi-mars à la mi-juin sur cinq stations du secteur V et une station du secteur VI (Fig.1). L'ensemble des données recueillies au cours de ce programme est reporté en annexe 2.

### 2.1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES DE LA SAISON SECHE 1980

En 1980 la pluviosité a été, comme en 1979, nettement déficitaire. Comparativement aux données moyennes, ce déficit a été de 27% à Dabou et de 59% à Jacqueville.

Les températures moyennes mensuelles sont toutes supérieures aux valeurs normalement observées. Cette différence provient essentiellement d'une augmentation de la moyenne des minimums (exception pour le mois d'avril), les valeurs maximales restant sensiblement équivalentes aux valeurs "normales" (Tab.V).

	M	m	$\frac{M+m}{2}$	M(abs)	m(abs)
Janvier	30,6	23,9	27,3	31,5 (30)	22,0 (1)
Février	31,3	24,3	27,8	32,5 (20)	21,0 (3)
Mars	32,2	24,1	28,1	33,4 (21 et 31)	21,3 (27)
Avril	33,0	24,7	28,9	33,8 (11, 12, 18, 22)	21,1 (28)
Mai	29,9	23,3	26,6	31,7 (12)	20,7 (13)

Tableau V - Températures de l'air enregistrées à Adiopodoumé en 1980.

M = moyenne mensuelle des maximums journaliers  
 m = moyenne mensuelle des minimums journaliers  
 M(abs) = maximum absolu : valeur et jours d'observation  
 m(abs) = minimum absolu : valeur et jours d'observation

Table V - Air temperatures recorded in Adiopodoumé in 1980.

M = monthly average of the daily maxima  
 m = monthly average of the daily minima  
 M(abs) = absolute maximum : value and days of observation  
 m(abs) = absolute minimum : value and days of observation

Les indices d'aridité mensuels calculés pour les mois de janvier, février, mars et avril permettent de définir 1980 comme une année atypique. Elle est caractérisée par des indices en moyenne faibles pour l'ensemble de la saison sèche sauf pour janvier, et par un mois de mars très anormal :

$$\begin{aligned} I_j &= 18,90 & I_m &= 1,75 \\ I_f &= 7,39 & I_a &= 23,55 \end{aligned}$$



Comme il a été noté au chapitre 1.1.2., les mortalités de poissons ne sont pas une conséquence directe des conditions climatologiques générales. En 1980, les températures et le déficit hydrique ont été plus élevés qu'en 1979 et il n'a pas été noté cependant de réelles périodes de crises.

La figure 4 permet d'apprécier la nette opposition des conditions climatologiques des années 1980 et 1979, en particulier au mois d'avril où les coups de vent ne semblent pas s'être renouvelés. Cette observation incite à penser que l'action de ces coups de vent, qui provoque une homogénéisation de la colonne d'eau, et la forte diminution de l'énergie solaire entraînant une diminution de la photosynthèse, seraient à l'origine de cette situation critique.

Lorsque l'écosystème lagunaire se trouve dans une phase de productivité maximale, les variations climatiques brutales détruisent son équilibre et conduisent à une réorganisation qui aboutit à un nouvel état d'équilibre.

## 2.2. DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA SAISON SECHE 1980

Dans ce chapitre seront présentés les résultats obtenus lors des huit campagnes MORLA sur les six stations choisies, ainsi que les données relatives à une sortie de 24 heures au point  $\beta$  (Fig.5 et 6) axée sur le rythme nyctéméral du milieu lagunaire.

### 2.2.1. Résultats des campagnes MORLA.

A chacune des six stations ont été réalisés :

- des profils de température, de salinité et d'oxygène à l'aide de sondes YSI.

- des dosages de chlorophylle et phéophytine dans les eaux de surface à l'aide d'un fluorimètre TURNER.

A partir des huit campagnes réalisées en secteur V et VI, il est possible de relier les températures de la couche d'eau superficielle aux températures de l'air. La température de l'eau de surface au jour  $j$  est donnée par la formule :

$$T_{\text{eau}} = 0,761 \bar{T}_{\text{air}} + 6,103 \quad (r = 0,787)$$

où  $\bar{T}_{\text{air}}$  est la moyenne des maximums journaliers des jours  $j-2$ ,  $j-1$  et  $j$ .



Figure 5 - Répartition des températures (°C) à la station β les 6 et 7 mai 1980.

Temperature distribution (°C) in station β on May 6th and 7th 1980.

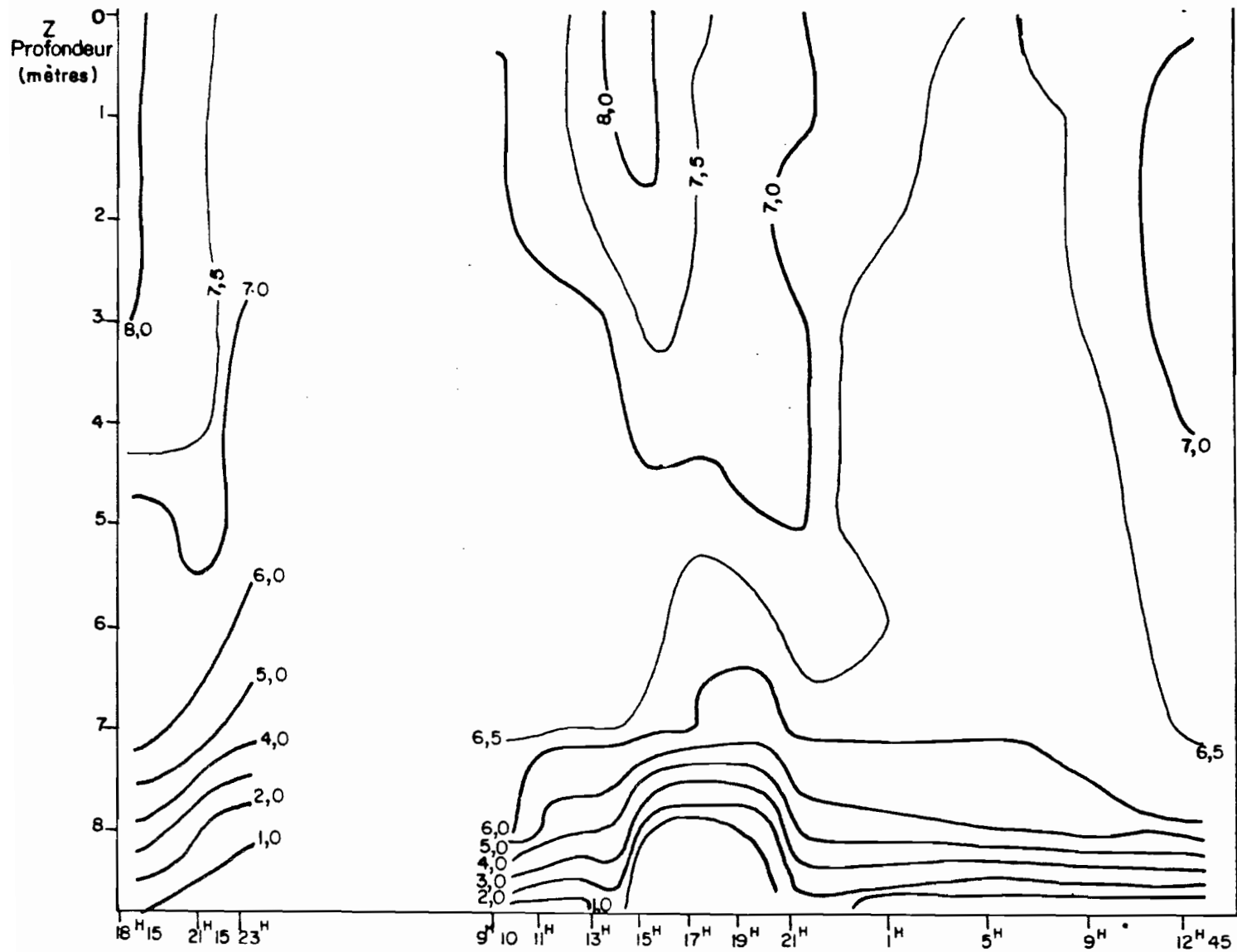


Figure 6 - Concentration en oxygène (mg/l) à la station  $\beta$  les 6 et 7 mai 1980.

Oxygen concentration (mg/l) in station  $\beta$  on May 6th and 7th 1980.

Nous avons retenu cette formule car elle fournit une meilleure estimation que celle proposée par Varlet (1978) qui dit que la température de l'eau se situe de 2 à 3°C au-dessus des températures moyennes atmosphériques. En supposant cette relation applicable pour 1979, il est possible d'estimer l'évolution journalière de la température de surface au cours des saisons sèches 1979 et 1980 et de comparer les deux années entre elles (Fig.4). Au cours des mois de mars et avril 1980, les eaux de surface ont été plus chaudes qu'en 1979 (30,9°C contre 30,5) avec une amplitude de variations plus faible (0,53°C contre 0,68). Les coups de vent et les chutes brutales de températures atmosphériques ne se sont pas reproduits en 1980, expliquant ainsi les différences entre ces deux années.

Lorsque les températures de surface sont supérieures à 31,5°C, il est possible de mettre en évidence une thermocline se situant généralement entre un et deux mètres de profondeur (exemple : le 29 avril à l'île aux Pigeons  $T_{0m} = 32,2^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{1m} = 32,0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{2m} = 30,9^{\circ}\text{C}$ ).

Les températures des eaux de surface à l'extrême ouest (secteur VI) de la lagune sont généralement plus élevées (entre 0,5 et 1°C) que celles des eaux du secteur V. Ce sont les eaux du secteur VI qui sont alors le plus sujettes à l'établissement d'une stratification thermique à laquelle il n'est d'ailleurs pas obligatoirement associée de stratification des concentrations en oxygène.

Les pourcentages de saturation en oxygène présentent en général un maximum subsuperficiel et diminuent ensuite régulièrement en profondeur jusqu'au contact direct avec le sédiment où les eaux sont généralement fortement sous-saturées.

Les sédiments rencontrés dans ces secteurs sont riches en composés organiques ( $\overline{\text{carbone organique total}} > 70 \mu\text{g}$  par gramme de sédiment sec) et sont le siège d'une activité minéralisatrice notable : la part acidosoluble (2N) de carbone organique atteint 17%. Dans ces sédiments la minéralisation aérobie de la matière organique morte implique une importante consommation d'oxygène et explique la sous-saturation généralement observée à l'interface eau-sédiment.

Les salinités maximales ont été mesurées dans la seconde quinzaine du mois d'avril, période coïncidant avec le début des précipitations. Bien que la pluviosité ait été nettement déficitaire en 1980, les concentrations salines n'ont pas présenté d'accroissement notable et il n'y a pas eu de période de stratification.

Les mesures de pH, qui dénotent une basicité proche de celle des eaux de mer, sont trop peu nombreuses pour démontrer une possible évolution saisonnière.

Les concentrations en chlorophylle n'ont pas montré d'évolution nette au cours du temps mais les variations sont concomitantes pour les diverses stations étudiées (en particulier pour les stations de Tiegba, Mopoyem et celle face à l'île aux Pigeons, le coefficient de corrélation de rang est supérieur à 0,850). Les valeurs observées équivalent à celles généralement notées et sont de ce fait sans comparaison avec les données enregistrées en 1979.

Les concentrations en sels nutritifs ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) déterminées à la station  $\beta$  traduisent une période d'épuisement au cours de la saison sèche en surface. Parallèlement à cette forte diminution liée à l'activité photosynthétique, coïncide un enrichissement important des eaux de fond, essentiellement en composés azotés minéraux (Tab. VI).

A la suite des travaux de Dufour *et al.* (1981), il est possible de connaître la biomasse sestonique autorisée par les concentrations en sels nutritifs du milieu. La biomasse potentielle ou biomasse autorisée par un élément est proportionnelle à la somme des concentrations des formes assimilables de cet élément (il a été démontré que seuls les composés minéraux dissous doivent être introduits dans ce modèle) et de la concentration de cet élément au sein du seston. Deux estimations sont possibles en considérant soit les composés azotés, soit les composés phosphorés.

Ces deux relations sont :

- pour l'azote :  $\text{Cp}(\text{pot}) = \frac{\text{Nd} + \text{Np}}{0,089}$
- Cp(pot) ..... : carbone particulaire potentiel
- Nd ..... : composés minéraux azotés dissous ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$ )
- Np ..... : azote particulaire

Toutes ces valeurs sont exprimées en  $\mu\text{atg/l}$ .

- pour le phosphore :  $\text{Cp}(\text{pot}) = \frac{\text{Pd} + \text{Pp}}{0,0055}$
- Pd : phosphore minéral dissous
- Pp : phosphore particulaire

Valeurs également exprimées en  $\mu\text{atg/l}$ .

Date		NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>
16/1	S	13,8	2,17	0,20	2,74	1,54	0,95
	F	5,03	1,41	0,21			
14/2	S	0,75	0,02	0,37	0,19	0,02	1,95
	F	3,97	1,32	0,19			
04/3	S	0,14	0,02	0,26	0,93	1,00	0,96
	F	0,15	0,02	0,27			
27/3	S	0,12	0,09	0,14	0,29	0,09	0,23
	F	0,42	0,96	0,62			
06/5	S	0,30	0,02	0,15	0,03	0,09	0,22
	F	8,37	0,21	0,68			
04/6	S	4,62	0,10	0,06	17,76	0,44	0,32
	F	0,26	0,23	0,19			
18/7	S	2,76	0,60	0,22	5,21	5,45	0,65
	F	0,53	0,11	0,34			
Concentration en $\mu\text{mole/l}$					Rapport des concentrations entre les eaux de surface et du fond.		

Tableau VI - Evolution des concentrations en sels nutritifs des eaux de surface (S) et de fond (F) à la station  $\beta$  de janvier à juillet 1980.

Table VI - Nutrients contents variation of the water at station  $\beta$  (S = surface layer, F = bottom layer) from January to July 1980.

Les mesures effectuées le 6 mai 1980 à la station  $\beta$  ( $N_d = 4,65$  ;  $N_p = 11,1$  ;  $P_d = 0,15$  ;  $P_p = 0,45$  ;  $C_p = 117$ ) permettent un exemple de calcul du carbone particulaire potentiel à partir de l'azote ( $C_p(\text{pot})_N = 177$ ) et à partir du phosphore ( $C_p(\text{pot})_P = 109$ ). L'élément nutritif le plus limitant est donc le phosphore car il conduit à l'estimation de la biomasse sestonique la plus faible. L'indice de limitation nutritive, rapport de la biomasse potentielle sur la biomasse effectivement mesurée, est égal à 0,93. Ces résultats sont en accord avec les conclusions de Dufour *et al.* (1981) : "dans les régions continentales (les plus éloignées de la mer), l'élément nutritif le plus limitant est le phosphore (81% des cas) et l'indice de limitation nutritive est généralement proche de 1".

En 1979, les densités observées ne peuvent donc s'expliquer que par un accroissement important des concentrations en phosphates. Des expériences d'incubation d'eau et de sédiment au laboratoire nous permettent d'émettre des hypothèses quant à l'éventuelle origine sédimentaire de cet enrichissement. En période de stratification, à l'interface eau-sédiment les concentrations en oxygène décroissent rapidement et les phosphates sédimentaires complexés par des cations métalliques se trouvent libérés et peuvent ainsi gagner les eaux libres. En anaérobiose, nous avons pu montrer que les phosphates liés au fer et à l'aluminium par la réduction de leur agent complexant se trouvent rapidement libérés et passent ensuite en solution dans l'eau interstitielle. Le flux de phosphates sédimentaires est alors proportionnel au gradient de concentration existant entre l'eau libre et l'eau interstitielle.

En 1979, l'alternance des phases de stratification et d'homogénéisation des eaux liée aux coups de vent peut donc être responsable de la réalimentation des couches superficielles en éléments nutritifs et par là, de l'explosion phytoplanctonique observée lors des mortalités.

#### 2.2.2. Rythmes nycthémeraux du milieu lagunaire.

La sortie effectuée du 6 au 8 mai 1980 en point fixe à la station  $\beta$  a permis de préciser les modalités d'établissement de la stratification suivie d'homogénéisation de l'eau. Les évolutions nycthémerales de la température et de la concentration en oxygène sont représentées par les figures 5 et 6.

Au cours de la journée, il s'est établi un très faible gradient thermique avec opposition d'une couche superficielle à forte activité photosynthétique et d'une couche profonde désoxygénée. La concentration en oxygène s'est rapidement accrue en surface : de 93% à 9 h, le pourcentage de saturation est passé à 113% à 15 h. La production nette d'oxygène déduite de l'analyse des profils a pu être estimée pour cette période à  $550 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Parallèlement à cet enrichissement de surface la désoxygénation des couches profondes s'est poursuivie. L'isoplèthe 1 mg/l est remontée entre 14h et 15h de 9 m à 8 m. La consommation d'oxygène correspondant à la couche d'eau au-dessous de 6,5 m de profondeur a pu être chiffrée à  $455 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Entre 19 et 21 heures les masses d'eau se refroidissent et le gradient thermique établi au cours de la journée se détruit et permet une homogénéisation de l'eau et une réoxygénation des eaux de fond. L'apparition d'un vent léger succédant au calme ayant régné pendant la journée du 6 mai a contribué au refroidissement des couches superficielles et facilité l'homogénéisation.

La respiration et les pertes d'oxygène liées au brassage dans les quatre premiers mètres s'élèvent à  $510 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ . Pour cette période, l'augmentation nette est estimée à  $420 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  pour les eaux de fond. Entre 1 h et 5 h la concentration en oxygène a sensiblement diminué sur l'ensemble de la colonne d'eau. Cette perte globale, égale à  $450 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  n'est pas également répartie dans la masse d'eau. En surface, malgré un apport d'oxygène par échange à l'interface eau-atmosphère, l'eau étant alors sous-saturée (% de saturation : 89 à 1 h et 85 à 5 h), la diminution est plus importante que pour les eaux profondes. Cette apparente contradiction ne peut s'interpréter que si la surface est le siège d'une activité respiratoire plus intense que les eaux du fond. Cette hypothèse est en accord avec l'estimation des biomasses déduite des concentrations en chlorophylle "a" (surface :  $17,66 \text{ mg}/\text{m}^3$  ; fond :  $15,14 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

Avec le lever du jour un nouveau cycle recommence, caractérisé par une production d'oxygène en surface liée à la photosynthèse et l'établissement d'un faible gradient thermique.

Les paramètres contrôlant la production primaire à la station  $\beta$  lors de cette sortie sont reportés sur le tableau VII.



Ce cycle nous a permis de mettre en évidence l'importance de la déstratification nocturne dans les mécanismes régissant la répartition des concentrations d'oxygène dans l'eau. Cette déstratification permet en effet un réapprovisionnement des couches profondes en oxygène et une alimentation au cours de la nuit des eaux de surface par contact avec l'atmosphère. En période de stabilité climatique, la stratification des eaux peut être durable et nous avons pu montrer que dans ce cas une part importante de l'oxygène produit par la photosynthèse était perdue pour le milieu aquatique et que la désoxygénation des eaux profondes progressait rapidement vers la surface.

Heure	$\epsilon_0$ (m <sup>-1</sup> )	Z(1%)(m)	Zs (m)	EZs/EZo
9h00	0,873	5,30	1,80	0,21
11h00	0,860	5,35	1,75	0,22
13h00	0,790	5,80	1,60	0,28
15h00	0,882	5,22	1,60	0,24
9h00	0,789	5,80	1,80	0,24
12h45	0,817	5,60	2,10	0,18

Tableau VII - Paramètres contrôlant la production primaire à la station  $\beta$  lors de la sortie du 6 au 8 mai 1980.

$\epsilon_0$  = coefficient d'atténuation  
 Z(1%) = profondeur de compensation  
 Zs = profondeur de disparition du disque de Secchi (Z(1%) = 3,14 Zs)  
 EZs = énergie reçue à la profondeur Zs  
 EZo = énergie reçue en surface

Table VII - Parameters controlling primary production at station  $\beta$  in May 1980, from 6th to 8th

$\epsilon_0$  = attenuation coefficient  
 Z(1%) = compensation depth  
 Zs = depth of disappearance of the Secchi disk (Z(1%) = 3,14 Zs)  
 EZs = available energy at the depth Zs  
 EZo = available energy at the surface

## CONCLUSION

Les campagnes réalisées en 1980 nous ont permis de compléter les observations effectuées en 1979 et fournissent un ensemble de données de référence sur l'évolution du milieu au cours de la grande saison sèche.

En 1979 des conditions climatologiques particulières (vent violent, température anormalement basse, insolation nulle) ont conduit à une homogénéisation des masses d'eau avec remontée en surface d'eau profonde enrichie en sels nutritifs au cours des phases de stratification. Cette remontée de sels nutritifs a permis un développement phytoplanctonique exceptionnel suivi d'un enrichissement du milieu en composés organiques minéralisables.

L'ensemble de ces conditions ne s'est pas reproduit en 1980 et de ce fait, les hypothèses émises au chapitre 1.3. n'ont pas pu être vérifiées. Des études complémentaires doivent donc être entreprises.

On conçoit aisément l'importance des implications écologiques et socio-économiques découlant de la connaissance des conditions d'apparition des mortalités. Le renouvellement du programme MORLA devrait donc être mis en oeuvre à chaque saison sèche à venir, même s'il peut paraître fastidieux ou vain de guetter un phénomène rare qui aura ou non "l'amabilité de bien vouloir" se reproduire.

A partir des renseignements et des conclusions préalablement présentés, nous avons établi un nouveau plan de recherches plus précis et moins "lourd" que celui mis en oeuvre en 1980. Celui-ci est décrit en annexe 3.

## BIBLIOGRAPHIE

*Bulletins climatologiques mensuels* - ASECNA.

Dufour P., Crémoux J.L., Slepoukha M., 1981.- Contrôle de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. 1. Etude méthodologique et premiers résultats.

*J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 51 : 246-267.

Monteny P.A., Lhomme J.P., 1980.- Données climatologiques recueillies à la station ORSTOM d'Adiopodoumé (1948-1979).

*ORSTOM Adiopodoumé*, 31 p. multigr.

Pagès J., Lemasson L., Dufour P., 1979.- Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire : Cycle annuel.

*Arch. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 5 (1) : 1-60.

Varlet F., 1978.- Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels.

*Trav. Doc. ORSTOM*, 83 : 164 p.

-----



ANNEXE 2

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)  
 - STATION TIEGBA -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z (m)	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%sat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	Chl. + Phéo.	pH
28/03		0	31,0	0,0	5,11	99	21,39	5,74	0,788	7,80
		1	31,0	0,0	4,68	90				
		2	31,0	0,0	4,58	88				
		3	31,0	0,0	3,02	58				
		4	31,1	0,0	2,91	56				
		4,4	31,2	0,0	2,81	54				
03/04	1,20	0	31,2	2,1	4,59	90	6,60	2,32	0,740	
		1	31,2	2,1	4,51	88				
		2	31,0	2,1	4,23	82				
		3	31,0	2,4	3,58	70				
		4	31,0	2,4	3,58	70				
10/04	1,55	0	32,0	2,6	4,95	98	15,36	1,45	0,914	
		1	32,0	2,5	5,06	101				
		2	31,6	3,4	4,13	82				
		3	31,5	3,7	3,91	78				
		4	31,5	3,9	3,26	65				
08/05	1,30	0	31,3	2,8	5,44	107	11,98	1,97	0,859	
		1	31,1	3,0	4,65	91				
		2	31,0	3,2	4,20	82				
		3	31,0	3,5	3,88	76				
		4	31,0	3,7	3,34	66				
		4,5	31,0	3,7	1,13	22				
16/05	1,30	0	31,1	3,2	4,86	96	4,01	1,28	0,758	
		1	31,0	3,2	4,83	95				
		2	30,5	3,2	4,30	84				
		3	30,2	3,2	3,36	65				
		4	30,0	3,8	3,36	65				
		4,5	30,0		2,91					
04/06		0					32,2	6,29	0,836	7,44

ANNEXE 2 (suite)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)

- STATION ILE DEBLAY -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z <sub>(m)</sub>	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%sat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	$\frac{\text{Chl.}}{\text{Chl.} + \text{Phéo.}}$	pH
28/03		0	30,2	0,0	4,12	78	20,09	2,10	0,905	8,25
		1	30,2	0,0	4,01	76				
		2	30,1	0,0	3,72	71				
		3	30,0	0,0	3,41	65				
03/04	1,40	0	30,5	2,3	3,94	76	10,24	2,84	0,783	
		1	30,5	2,3	4,01	78				
		2	30,5	2,3	3,94	76				
		3	30,5	2,3	3,87	75				
		4	30,5	2,3	3,71	72				
		5	30,5	2,3	3,80	74				
10/04	1,50	0	30,9	4,0	4,59	90	20,11	0,92	0,956	
		1	31,0	4,0	4,52	89				
		2	31,0	4,0	4,49	89				
		3	31,0	4,0	4,26	84				
		4	30,8	4,8	1,58	31				
08/05		0	32,7	3,7	5,26	106	15,14	3,63	0,807	8,35
		1	31,2	3,7	5,57	110				
		2	31,0	3,7	5,23	103				
		3	30,8	3,7	4,85	95				
		4	30,2	3,8	4,20	82				
		4,5	30,8	3,4	0,30	6				
16/05		0	31,0	4,0	4,56	90	17,66	1,58	0,918	
		1	30,9	4,0	4,97	98				
		2	30,9	4,0	4,75	94				
		3	30,2	4,0	3,82	74				
		4	29,9	4,2	2,99	58				
		5	29,9	4,2	2,90	56				
04/06		0					15,14	3,15	0,828	

ANNEXE 2 (suite)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)  
- STATION MOPOYEM -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z <sub>(m)</sub>	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (Zsat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	Chl. Chl. + Phéo.	pH
28/03		0	31,5	4,7	4,83	96	12,05	2,49	0,829	8,16
		1	31,0	4,7	4,72	93				
		2	31,0	4,7	4,37	87				
		3	30,5	4,7	3,26	64				
03/04		0	31,0	3,4	4,59	90	9,40	2,72	0,776	
		1	31,0	3,4	4,45	87				
		2	31,0	3,5	4,37	86				
		3	31,0	3,5	4,30	84				
		4	31,0	3,7	2,58	51				
5	31,0	3,6	2,44	48						
10/04	1,50	0	30,8	6,5	5,00	100	18,80	1,40	0,931	
		1	30,8	6,5	5,03	101				
		2	30,8	7,0	5,00	100				
		3	30,8	6,9	2,76	55				
29/04	1,60	0	31,6	3,7	5,63	88	16,38	1,19	0,932	
		1	31,1	4,0	5,69	88				
		2	30,5	4,1	5,63	90				
		3	30,5	4,7	3,46	68				
4	30,5	4,8	3,61	71						
08/05	2,00	0	31,7	4,2	5,61	88	12,61	1,82	0,874	8,34
		1	31,5	4,2	5,61	88				
		2	30,5	4,5	5,61	90				
		3	30,3	4,7	4,03	79				
		4	30,2	4,9	3,87	76				
5	30,2	4,0	1,13	22						
16/05	1,80	0	3,11	3,9	4,65	92	10,72	2,26	0,826	
		1	31,0	3,9	4,68	92				
		2	30,9	4,1	4,59	90				
		3	30,8	4,9	3,71	73				
		4	30,8	4,9	3,47	68				
4,2	30,8	4,9	1,84	36						
04/06		0					23,65	0,17	0,992	6,90

ANNEXE 2 (suite)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)  
- STATION ILE AUX PIGEONS -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z (m)	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (Z <sub>sat.</sub> )	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	$\frac{\text{Chl.}}{\text{Chl.} + \text{Phéo.}}$	pH
28/03	2,00	0	31,8	4,7	5,25	105	13,71	2,09	0,868	8,28
		1	31,0	4,5	5,40	108				
		2	31,0	4,5	5,00	99				
		3	31,0	4,5	4,90	97				
		4	31,0	4,5	4,75	94				
		5	30,3	4,7	4,58	90				
		6	31,0	5,0	4,26	84				
		7	31,0	8,0	1,67	34				
03/04	2,15	0	31,0	4,2	5,02	99				
		1	31,0	4,2	4,87	96				
		2	31,0	4,2	4,95	98				
		3	30,6	4,2	4,87	95				
20/04	2,00	0	30,2	7,3	4,95	98	12,70	0,79	0,941	
		1		8,4	5,06					
		2		7,6	4,79					
		3		7,5	4,92					
		4		7,5	5,03					
		5		7,5	5,03					
		6		7,5	4,92					
		7		8,7	2,79					
29/04	2,10	0	32,2	5,4	5,09	103	11,44	1,08	0,914	
		1	32,0	5,4	5,43	110				
		2	30,9	5,4	5,49	108				
		3	30,9	5,4	5,29	102				
		4	30,8	5,5	5,02	99				
		5	30,5	5,6	4,89	96				
		6	30,0	5,6	4,28	84				
		7	30,0	5,8	3,07	60				
08/05	2,00	0	32,2	5,9	5,33	108	10,70	0,83	0,928	8,18
		1	32,0	4,8	5,37	108				
		2	31,8	4,9	5,33	107				
		3	31,1	4,7	5,19	103				
		4	31,0	4,8	4,98	99				
		5	31,0	4,8	4,61	91				
		6	31,0	4,8	4,31	85				
		7	30,9	4,8	4,30	85				
16/05	2,80	0	30,5	4,9	4,11	81	7,88	1,01	0,886	
		1	30,5	4,9	4,09	80				
		2	30,5	4,9	4,03	79				
		3	30,5	4,9	4,00	79				
		4	30,5	4,9	3,98	78				
		5	30,2	5,0	3,87	76				
		6	30,2	5,0	3,77	74				
		7	30,2	5,1	3,49	68				
05/06		0					17,66	2,55	0,874	

ANNEXE 2 (suite)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)  
- STATION  $\beta$  -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z <sub>(m)</sub>	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%sat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	$\frac{\text{Chl.}}{\text{Chl.} + \text{Phéo.}}$	pH
16/01	1,60	0	29,0	2,9	4,22	80	16,40			7,30
		8	28,9	2,9	3,93	74	14,82			7,25
14/02	1,70	0	29,2	3,2	4,67	89	14,50			
		8,5	29,4	4,5	1,07	21	12,61			
05/03	1,90	0	30,0	4,1	5,01	97	20,17			8,10
		1	30,0	4,0	5,01	97				
		2	30,0	4,0	4,84	94				
		3	30,0	4,0	4,84	94				
		4	30,0	4,0	4,84	94				
		5	30,0	4,0	4,79	93				
		6	30,0	4,0	4,73	92				
		7	30,0	4,0	4,84	94				
		8	30,0	4,0	4,73	92				
		9	30,0	4,0	4,79	93		22,17		
28/03		10	30,0	4,5	0,00	0				
		0	31,2	4,3	5,43	108	19,44	3,24	0,857	8,38
		1	30,9	4,3	5,36	106				
		2	30,8	4,5	5,22	103				
		3	30,8	4,5	5,11	100				
		4	30,7	4,5	4,97	98				
		5	30,3	4,5	4,75	93				
		6	30,3	4,5	4,40	86				
		7	30,2	4,5	2,95	58				
		8	30,2	5,0	1,13	22	9,07	49,21	0,156	7,57
03/04	2,15	9	30,2	5,5	1,61	32				
		0	30,5	3,6	4,45	87	10,24	0,52	0,952	
		1	30,5	3,6	4,38	85				
		2	30,5	3,6	4,38	85				
		3	30,3	3,5	4,45	86				
		4	30,3	3,5	4,30	84				
		5	30,3	3,5	4,38	85				
		6	30,3	3,5	4,30	84				
7	30,7	3,5	4,38	86						



ANNEXE 2 (suite)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)

- STATION  $\beta$  -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z <sub>(m)</sub>	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%sat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	$\frac{\text{Chl.}}{\text{Chl.} + \text{Phéo.}}$	pH
10/04	1,80	0	31,0	4,8	4,82	95	15,20	0,94	0,942	
		1	31,0	4,8	4,70	93				
		2	31,0	4,8	4,73	94				
		3	30,9	4,8	4,68	92				
		4	30,6	4,8	4,52	89				
		5	30,7	4,8	4,40	87				
		6	30,6	4,8	4,32	85				
		7	30,4	4,8	4,02	79				
29/04	2,00	8	30,5	6,2	1,04	21	21,46	3,45	0,862	
		1	31,6	5,0	6,16	123				
		2	30,6	5,0	5,89	116				
		3	30,2	5,0	5,63	110				
		4	30,2	5,0	5,22	102				
		5	30,2	5,0	4,95	97				
		6	30,2	5,0	4,68	91				
		7	30,2	5,0	4,55	89				
		8	30,1	5,0	4,21	82				
		9	30,0	5,0	3,54	69				
10	30,6	6,0	2,39	47						
08/05	1,70	0	30,7	5,3	4,92	97	17,66	1,43	0,925	7,87
		1	30,5	5,3	4,85	95				
		2	30,3	5,1	4,89	96				
		3	30,3	5,2	4,71	92				
		4	30,2	5,2	4,68	92				
		5	30,3	5,1	4,65	91				
		6	30,2	5,0	4,51	90				
		7	30,2	5,0	4,57	89				
		8	30,1	5,0	4,37	85				
9	30,3	5,0	0,30	6						
16/05	1,80	0	30,8	4,8	4,97	98	15,45	2,10	0,880	
		1	30,5	4,8	4,86	95				
		2	30,5	4,9	4,83	95				
		3	30,5	4,8	4,68	92				
		4	30,1	4,8	4,46	87				
		5	30,1	4,8	4,30	84				
		6	30,1	4,8	4,30	84				
		7	30,0	4,9	4,22	82				
		8	30,0	4,9	4,03	78				
		9	30,0	4,9	4,00	78				
9,3	30,0	4,9	3,18	62						
02/06	1,80	0	28,9	3,2	5,49	104	17,97	1,51	0,922	7,46
		1	29,0	3,2	5,43	103				
		2	28,8	3,2	5,36	101				
		3	28,8	3,2	5,33	101				
		4	28,7	3,2	5,29	100				
		5	28,7	3,2	5,23	99				
		6	28,7	3,2	5,23	99				
		7	28,5	3,3	5,19	98				
		8	28,5	3,6	5,14	98				
9	28,4	3,6	3,53	96						

ANNEXE 2 (suite et fin)

DONNEES RECUEILLIES AU COURS DU PROGRAMME MORLA (1980)  
- STATION SUD LAYO -

Date	Z <sub>Secchi</sub> (m)	Z (m)	T (°C)	S (‰)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%sat.)	Chl "a" (mg/m <sup>3</sup> )	Phéophytine (mg/m <sup>3</sup> )	Chl. / Chl. + Phéo.	pH	
15/01	1,75	0	28,6	3,8	4,98	94				8,20	
		1,7	28,6	3,8	4,82	91				8,35	
13/02	1,70	0	28,8	5,1	4,63	88				7,73	
		1,5	29,0	5,9	3,83	74				7,53	
05/03	1,60	0	30,6	6,1	4,87	96	24,19			7,82	
		2,5	29,9	6,1	4,49	82				26,84	7,60
19/03	1,50	0	31,0	5,2	5,60	89				7,50	
		1	30,5	6,5	4,69	93					
		2	30,2	5,8	4,13	81					
28/03	2,10	0	31,0	6,1	5,29	105	7,89	1,59	0,859	8,18	
		1	30,9	6,2	5,25	105					
		2	30,2	8,7	4,68	93					
		2,8	31,0	11,4	3,55	73					
03/04	2,15	0	31,1	5,1	4,16	83	4,46	0,42	0,914		
		1	31,1	5,1	4,16	83					4,69
		2	31,1	5,1	4,09	81					
		3	31,1	5,5	3,58	71					
10/04		0	30,2	5,0			24,68	1,43	0,945		
08/05	1,70	0	31,2	6,1	5,71	114	16,40	4,77	0,775	8,03	
		1	31,1	6,4	5,61	112					
		2	30,8	5,7	5,16	102					
		3	30,8	7,7	5,10	102					
16/05	2,40	0	30,1	6,1	3,84	75	4,01	1,28	0,758		
		1	29,9	6,1	3,82	75					
		2	29,9	6,1	3,84	75					
		3	29,0	6,1	3,84	75					
		4	29,0	6,1	2,48	49					
29/04	1,65	0	31,0	6,5	4,75	95	9,73	0,65	0,937		
		1	30,5	6,6	4,95	98					
		2	30,0	7,1	3,67	72					
		3	30,0	7,1	3,33	66					
21/05	1,30	0	30,0	4,3	4,90	95				7,16	
		1	29,6	4,2	4,83	93				7,28	
		2	29,0	4,4	4,76	91					
		2,5	29,0	4,4	2,66	51					

ANNEXE 3

PROPOSITION D'EXECUTION DU PROGRAMME  
MORLA DANS LES ANNEES A VENIR

Comme il a été souligné, les facteurs d'ordre climatique (le vent en particulier qui joue un rôle prépondérant dans l'apparition des crises), il est nécessaire de suivre l'évolution climatologique journalière au cours des mois de mars et avril. Cette information peut être recueillie par liaison téléphonique avec le laboratoire de bioclimatologie d'Adiopodoumé.

Au cours de ces deux mois, quatre campagnes pourront être organisées afin de suivre l'évolution nycthémerale du milieu.

Le tableau ci-dessous expose la liste des paramètres à suivre ainsi que la fréquence de leurs déterminations.

Heure	Température Oxygène (1)	pH, CO <sub>2</sub> Redox <sup>2</sup> (2)	NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (3)	Chlorophylle Phéopigments (3)	D.B.O.* Cp, Np, Pp (3)
6-7	+	+	+		
13	+	+		+	+
17	+	+			
21	+	+	+		
5	+	+			

- (1) Chaque mètre à la sonde  
(2) A 0,5, 5 et 8 mètres  
(3) En surface et au fond

\* Demande biologique en oxygène pendant trois jours à l'obscurité et à la température ambiante

Les heures de détermination correspondent à :

- 6-7 h : lever du jour, début de la photosynthèse  
13 h : activité photosynthétique maximale  
17 h : fin de la période photosynthétique  
21 h : destratification  
5 h : respiration

Ce programme peut être réalisé soit à la station  $\beta$ , soit face à Tiegba.

Si le dosage des sulfates et des sulfures est possible, ces déterminations doivent être prévues selon les mêmes modalités que CO<sub>2</sub>.

Si de brusques variations climatologiques étaient notées, une campagne supplémentaire devrait être entreprise.

Le programme ainsi défini nécessite la disponibilité d'un chercheur à plein temps pendant environ 3 mois, et également celle d'un house-boat (la campagne supplémentaire ne pouvant être programmée à l'avance avec précision).

Au cas où des mortalités se produiraient une étude basée sur celle qui est présentée ici devrait être entreprise. Elle permettrait d'étudier l'évolution du milieu au cours de la crise et surtout de suivre les mécanismes conduisant à l'instauration d'un nouvel équilibre.