

EVOLUTION SAISONNIERE DES PHOSPHATES ET DES COMPOSES MINERAUX DISSOUS
DE L'AZOTE EN LAGUNE ABY (COTE D'IVOIRE)

Par

METONGO Bernard Soro

Centre de Recherches Océanographiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

-----ooOoo-----

R E S U M E

Cette étude présente le cycle annuel des variations des ortho-phosphates ($P-PO_4$) et des composés minéraux dissous de l'azote ($N-NO_3$, $N-NO_2$ and $N-NH_4$) dans la colonne d'eau de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

Les concentrations de nitrates et de nitrites sont généralement élevées en surface (5 à 12 $\mu\text{moles/l}$), et décroissent avec la profondeur atteignant des valeurs nulles pour les eaux de fond.

L'azote ammoniacal et l'orthophosphate, par contre, s'accumulent dans les couches profondes avec des concentrations moyennes respectives de 230 à 250 et 25 à 33 $\mu\text{moles/l}$.

Les valeurs maximales des sels nutritifs sont enregistrées en saison de pluies et de crues et leur distribution est fonction de la stratification physique des eaux.

Mots-clés : Lagune tropicale, Phosphore, Azote, Stratification, Côte d'Ivoire

SEASONAL EVOLUTION OF PHOSPHATE AND DISSOLVED MINERAL COMPOUNDS
OF NITROGEN IN ABY LAGOON (COTE D'IVOIRE)

ABSTRACT

This study shows the annual cycle variation of orthophosphate ($P-PO_4$) and dissolved mineral compounds of nitrogen ($N-NO_3$, $N-NO_2$ and $N-NH_4$) in water column from July 1984 to July 1985 in Aby lagoon.

Nitrate and nitrite concentrations are generally high in upper layer (5 to 12 $\mu\text{moles/l}$), and decrease with depth for reaching null values in deep waters.



F31489

Opposite to that, ammonia and orthophosphate accumulate in deep layers with respective mean concentrations of 230 to 250 and 25 to 33 $\mu\text{moles/l}$.

The maximum values of the nutritive elements are recorded during the rainy and flood seasons and their distribution depends on the waters physical stratification.

Key-words : Tropical lagoon, Phosphore, Nitrogen, Stratification, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le cycle annuel de variation des composés minéraux azotés et des phosphates dans la colonne d'eau en lagune Aby est peu connu comparative-ment aux autres lagunes ivoiriennes. Située dans la partie orientale de la Côte d'Ivoire, et indépendante du système lagunaire principal, elle englobe les lagunes Ehy et Tendo. Sa morphologie est différente des autres lagunes ivoiriennes car une vaste partie du plan d'eau s'enfonce sur plus de 30 km à l'intérieur des terres (Fig. 1).

Soumise à une forte influence continentale, elle est caractérisée par la stabilité de la stratification physique des eaux en toute saison due essentiellement à la faible influence marine et à l'absence d'hydrodynamisme (Chantraine, 1980; Métongo, 1985). En outre, les eaux de fond sont en permanence anoxiques, l'hydrogène sulfuré étant présent en toute saison à des concentrations relativement élevées (Métongo, 1985).

D'une superficie d'environ 424 km^2 , la lagune Aby a une profondeur moyenne de 3,8 m. On y observe deux "fosses" d'une profondeur maximale de 17 m (Pagès *et al.*, 1979). Elle est alimentée par deux rivières importantes de type forestier (Bia et Tanoé) dont les régimes hydrologiques caractérisés par deux crues annuelles s'apparentent aux régimes de précipitations (Fig. 2) (Chantraine, 1980).

Contrairement aux autres lagunes ivoiriennes où trois saisons lagunaires peuvent être définies, la lagune Aby connaît deux saisons distinctes :

- une période de saison sèche et chaude (décembre-avril)
- une période de saison humide et froide (mai-novembre) cumulant précipitations et crues de la Bia et de la Tanoé (Durand et Chantraine, 1982).

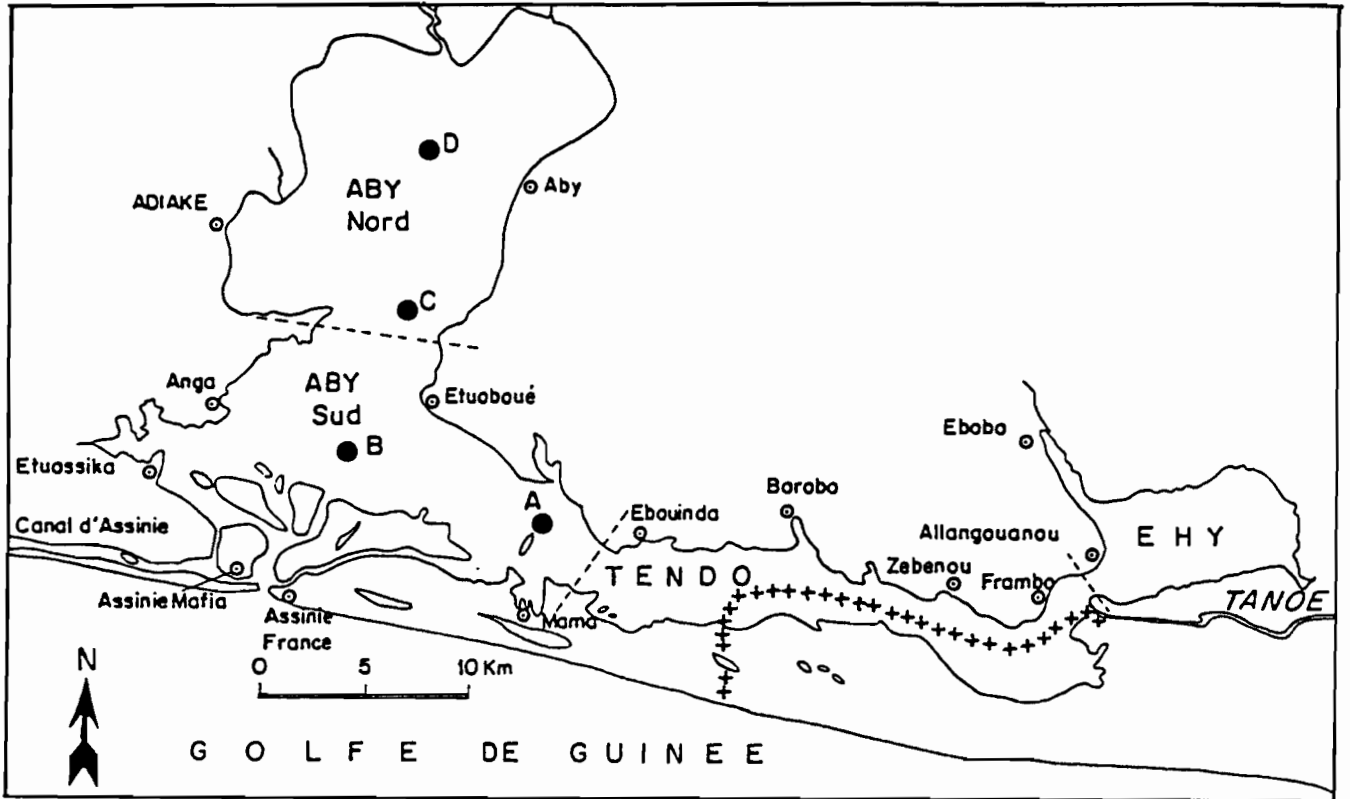


Figure 1 : Stations de prélèvement.

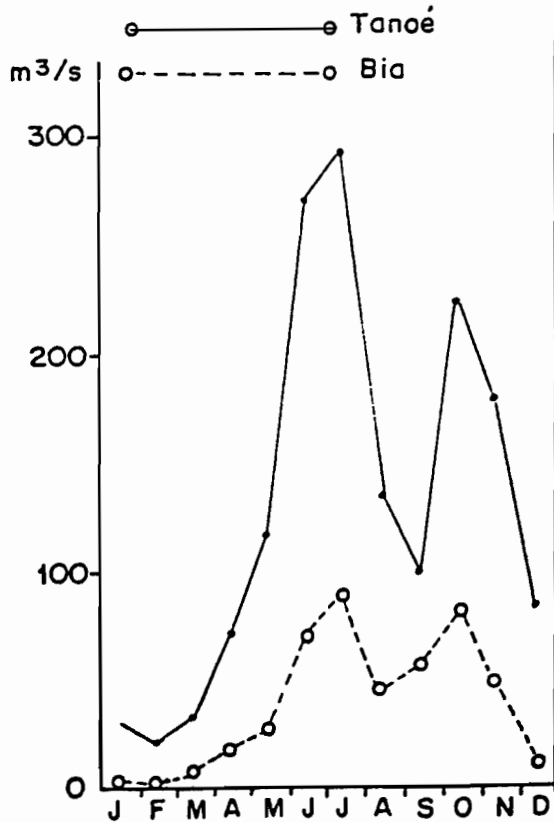


Figure 2 : Hydrogramme moyen de la Bia à Bianouan et de la Tanoé à Alanda (D'après Chantraine, 1980).

1 - MATERIEL ET METHODES

Quatre stations ont été échantillonnées dans la lagune Aby sensu stricto (Fig. 1) et choisies en tenant compte des connaissances bathymétriques et hydrologiques (Chantraine, 1980). Leurs caractéristiques sont données au tableau 1.

Les stations ont été visitées une fois par mois de juillet 1984 à juillet 1985 au cours d'une campagne qui durait une semaine. Des profils verticaux de sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammoniacque et phosphates) ont été réalisés toutes les 4 ou 6 heures de 5 h à 22 h au plus tard.

Les prélèvements d'eau ont été effectués au moyen de bouteilles Hydrobios et Niskin à chaque mètre. Les échantillons ont été stockés au congélateur pour analyse ultérieure au laboratoire.

Les dosages, réalisés sur eau brute, ont été faits sur un Auto-analyseur d'après les méthodes préconisées par Strickland et Parsons (1968).

Les données pluviométriques d'Adiaké ont été fournies par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) (Fig. 3).

Station	Profondeur en mètre	Influence	Distance au grau (km)
A	13	. Fluviale (Tanoé) et . Marine	14
B	6	. Fluviale (Bia Tanoé) et . Marine	7,5
C	15	. Fluviale (Bia) . Marine	15
D	4	. Fluviale (Bia)	22,5

Tableau 1 - Caractéristiques essentielles des différentes stations en lagune Aby.

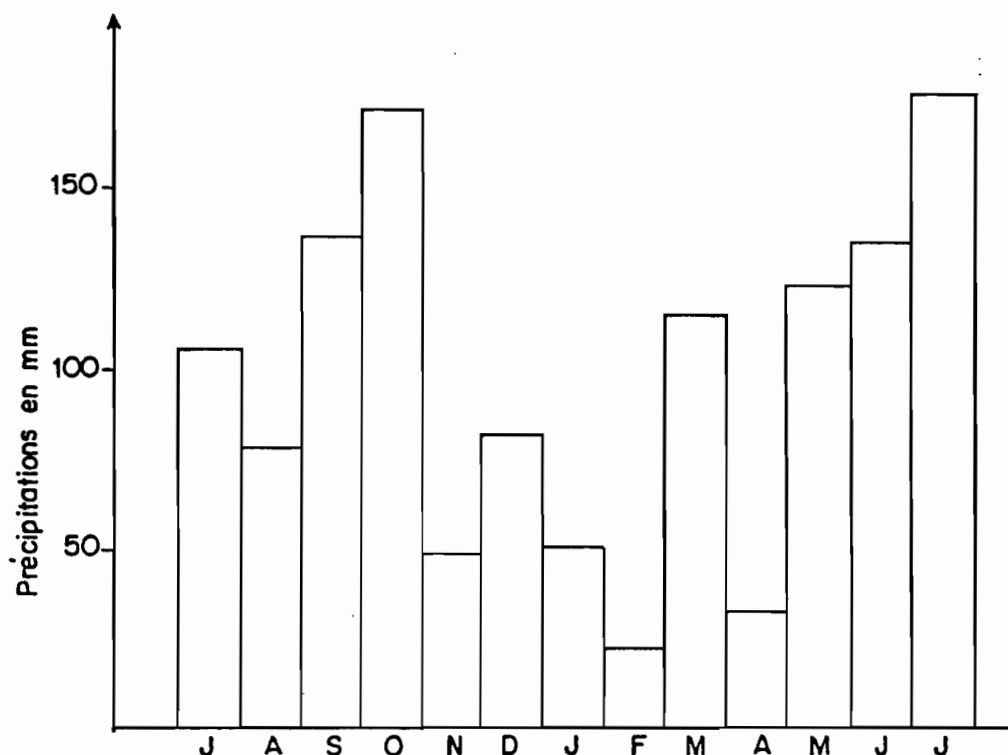


Figure 3 : Diagramme pluviométrique d'Adiaké de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

2 - RESULTATS

En lagune Aby deux secteurs peuvent être définis en tenant compte de la topographie des fonds :

- les secteurs profonds (Stations A et C)
- les secteurs peu profonds (Stations B et D).

2.1. EVOLUTIONS DES SELS NUTRITIFS DANS LES SECTEURS PROFONDS

L'analyse des concentrations en composés minéraux azotés et en phosphates permet de définir deux couches d'eaux, fonction de la stratification physique des eaux :

- un épilimnion riche en nitrates et nitrites mais relativement pauvre en azote ammoniacal et en phosphates; c'est aussi la couche euphotique.

- un hypolimnion riche en composés minéraux réduits mais déficient en $N-NO_3$ et $N-NO_2$.

Les concentrations sont, en outre, soumises à une forte variabilité journalière et saisonnière avec une nette diminution en saison sèche. La profondeur de la chimiocline varie suivant les saisons entre 4 et 6 m (Fig. 4, 5 et 6).

En saison de pluies et de crues, les concentrations en nitrates et en nitrites sont généralement plus élevées qu'en saison sèche dans l'épilimnion (10 à 13 $\mu\text{moles/l}$ contre 3 à 4 $\mu\text{moles/l}$). Les valeurs maximales sont observées en juin, juillet et août (12 à 22 $\mu\text{moles/l}$). En octobre les nitrates et nitrites sont détectés à plus de 8 m de profondeur notamment en station C (Fig. 4). Au fond, les teneurs moyennes sont faibles (1,5 $\mu\text{moles/l}$ en saison de pluies et 1,3 $\mu\text{moles/l}$ en saison sèche). Les variations journalières sont également limitées (amplitudes de variation inférieures à 5 $\mu\text{moles/l}$ en surface et à 0,4 $\mu\text{moles/l}$ au fond).

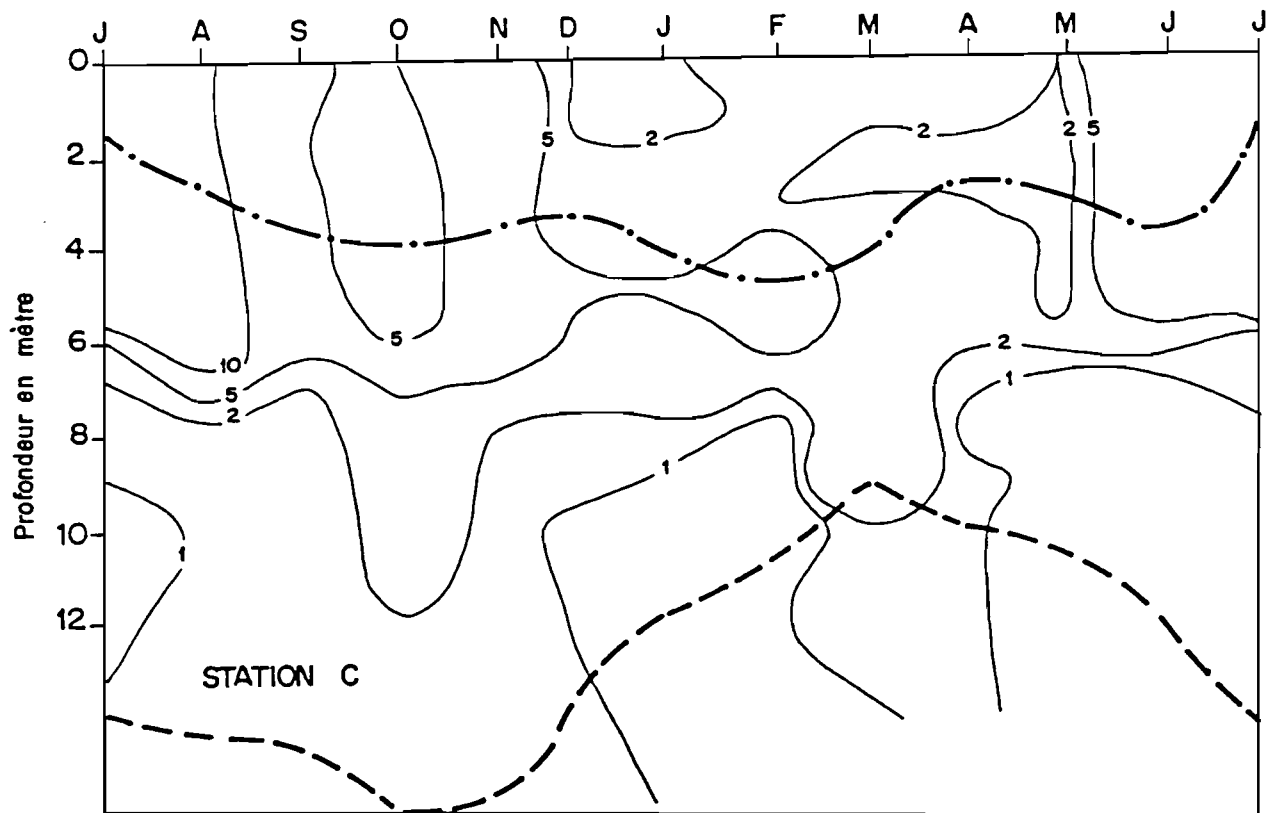
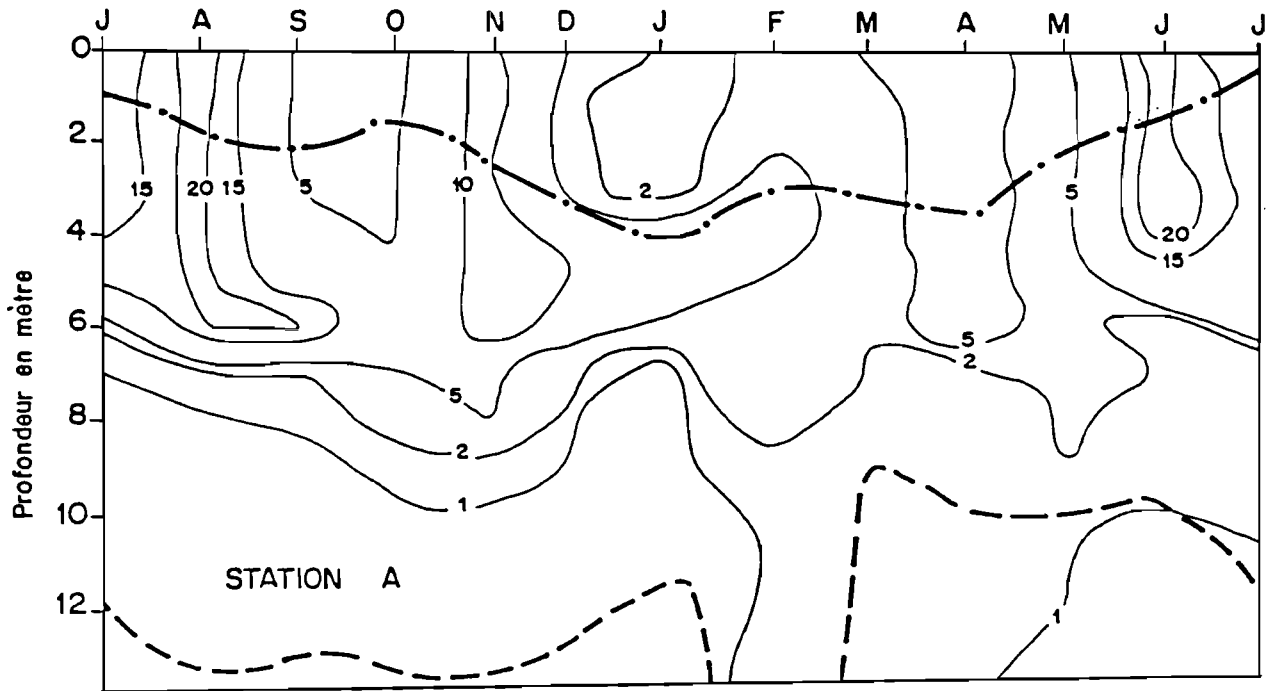
A l'inverse des nitrates et nitrites l'azote ammoniacal et les phosphates sont accumulés dans l'hypolimnion.

Les concentrations de l'azote ammoniacal sont au moins 8 fois supérieures dans les couches profondes qu'en surface en toute saison (Tab. 2). Dans l'épilimnion les teneurs en azote ammoniacal n'excèdent pas 40 $\mu\text{moles/l}$ sauf en octobre où de fortes concentrations ont été relevées (130 à 140 $\mu\text{moles/l}$). Les variations saisonnières sont relativement faibles (16 $\mu\text{moles/l}$ dans l'épilimnion et 4 à 17 $\mu\text{moles/l}$ dans l'hypolimnion). Les distributions spatio-temporelles (Fig. 5) montrent la stabilité de la stratification de l'azote ammoniacal sauf en novembre où les plus faibles valeurs ont été enregistrées dans l'hypolimnion (120 à 160 $\mu\text{moles/l}$).

Les concentrations en phosphates sont généralement inférieures à 2 $\mu\text{moles/l}$ dans la couche superficielle. Dans l'hypolimnion les teneurs sont élevées (Tab. 2). Les concentrations passent de 2 $\mu\text{moles/l}$ à 5 m à 10 $\mu\text{moles/l}$ à 6 m de profondeur durant la saison de pluies. En saison sèche cette tranche d'eau remonte légèrement vers la surface (Fig. 6). Les teneurs minimales et maximales sont observées respectivement en mars (10,5 $\mu\text{moles/l}$) et en septembre-octobre (40 à 45 $\mu\text{moles/l}$).

2.2. EVOLUTIONS DES SELS NUTRITIFS DANS LES SECTEURS PEU PROFONDS

La répartition des sels nutritifs dans les secteurs peu profonds est identique à celle observée dans l'épilimnion des secteurs profonds. La tendance est à une distribution homogène dans la colonne d'eau (Fig. 7 et 8). Le tableau 3 donne les concentrations moyennes ainsi que les valeurs extrêmes en fonction des saisons.



--- : Zéro d'oxygène
 -.-.- : Profondeur de compensation

Figure 4 : Distribution spatio-temporelle de $N-NO_3$ et de $N-NO_2$ ($\mu\text{moles/l}$) dans les secteurs profonds de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

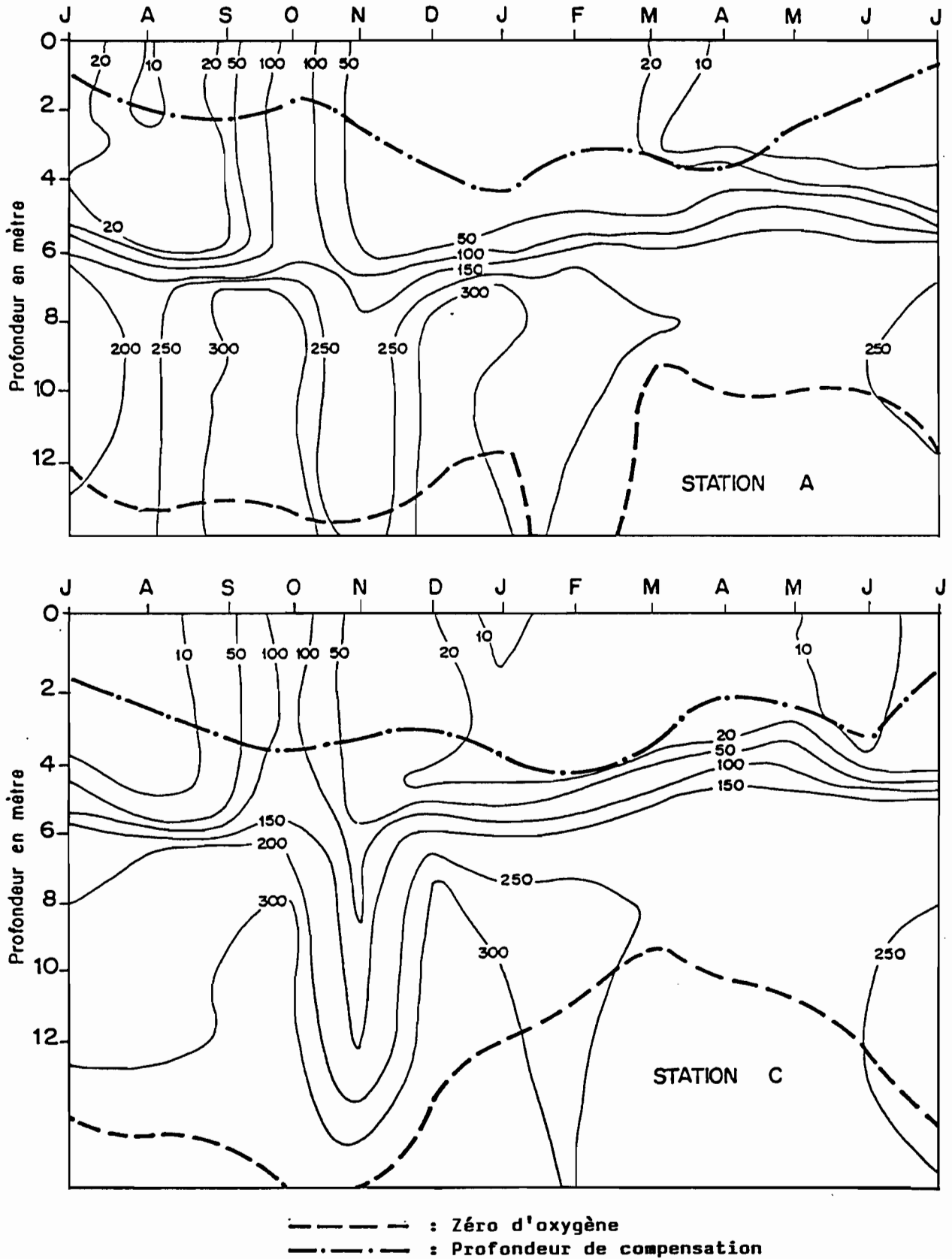


Figure 5 : Distribution spatio-temporelle de $N-NH_4$ ($\mu\text{moles/l}$) dans les secteurs profonds de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

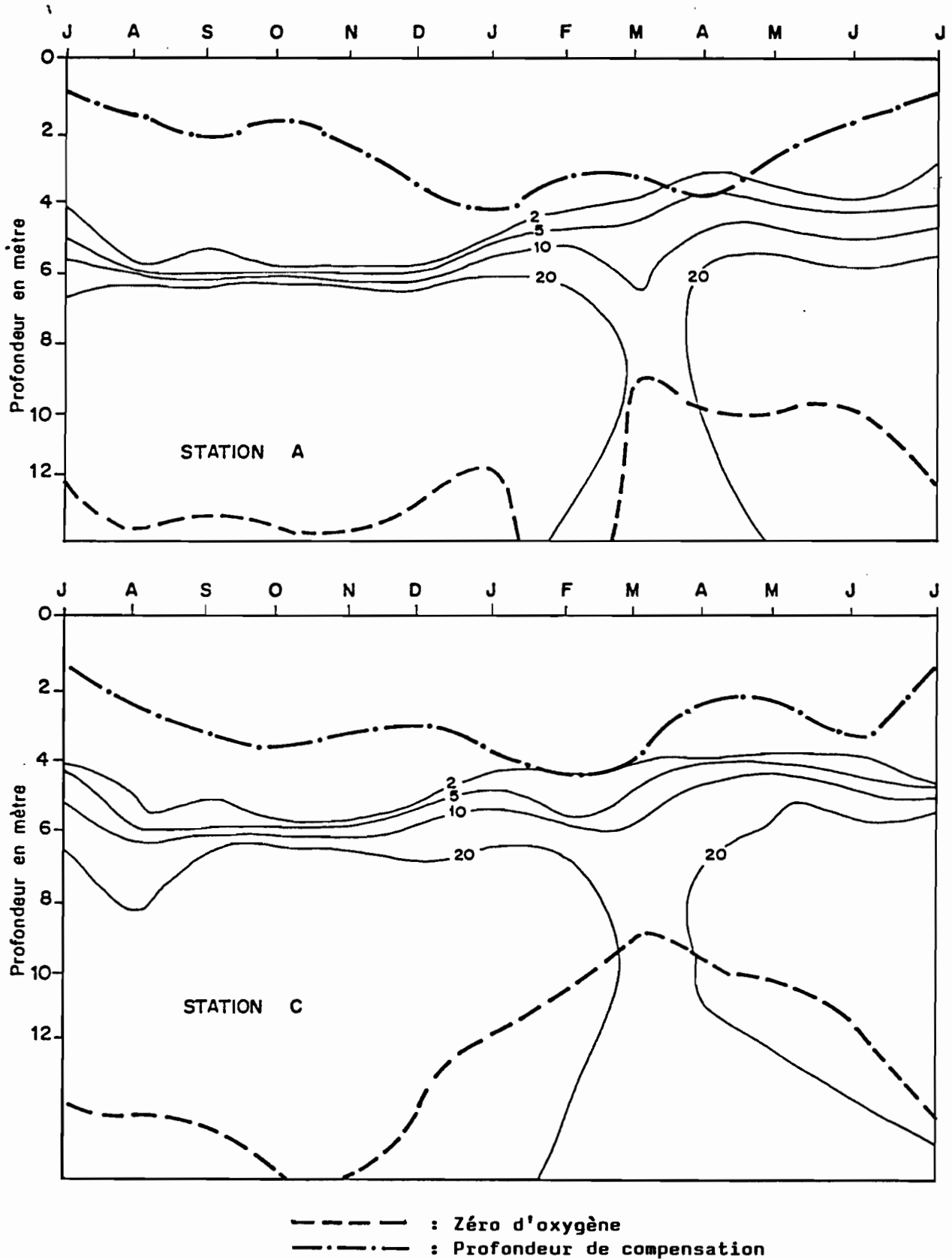


Figure 6 : Distribution spatio-temporelle de P-PO₄ (µmoles/l) dans les secteurs profonds de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

		STATION A				STATION C			
		Saison humide		Saison sèche		Saison humide		Saison sèche	
ELEMENT		Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
NO ₃ + NO ₂	Moyenne	10,10	0,45	3,60	0,34	7,26	0,45	2,40	0,40
	CV%	54,80	51,10	46,80	26,40	43,50	51,10	52,70	22,50
	Maximum	21,50	0,76	5,80	0,45	12,30	0,80	4,70	0,58
	Minimum	4,20	0,24	1,00	0,18	2,70	0,20	1,20	0,26
NH ₄	Moyenne	31,10	269,20	16,00	250,70	29,70	274,60	11,50	226,00
	CV%	156,30	15,90	57,00	23,70	157,90	10,80	35,70	29,10
	Maximum	138,40	327,10	30,40	339,70	133,40	318,00	17,00	316,30
	Minimum	3,20	216,90	6,50	150,50	3,30	234,00	7,40	103,00
PO ₄	Moyenne	1,20	31,90	1,50	29,50	1,40	28,70	1,23	25,10
	CV%	35,00	24,20	58,20	33,40	40,70	25,30	89,40	31,00
	Maximum	1,85	44,40	2,55	40,20	2,35	40,00	3,00	35,00
	Minimum	0,76	25,40	0,64	12,70	0,65	22,00	0,40	11,40

Tableau 2 - Variations saisonnières des concentrations (μ moles/l) en sels nutritifs de juillet 1984 à juillet 1985 dans les secteurs de la lagune Aby.

Les valeurs maximales en nitrates et nitrites sont observées dans la période de juin à novembre correspondant à la saison de pluies et de crues (7 à 18 $\mu\text{moles/l}$). Les amplitudes de variations journalières maximale et minimale sont respectivement de 6 $\mu\text{moles/l}$ en octobre-novembre et de 1 $\mu\text{mole/l}$ en décembre. La variation saisonnière n'est que de 7 $\mu\text{moles/l}$.

Les concentrations en azote ammoniacal sont aussi élevées qu'en secteurs profonds. Les valeurs maximales sont observées en octobre (68 à 82 $\mu\text{moles/l}$). Les amplitudes de variations journalières maximale et minimale sont enregistrées respectivement septembre-octobre (7 à 12 $\mu\text{moles/l}$) et en août (0,7 $\mu\text{mole/l}$). La variation saisonnière est de 7 $\mu\text{moles/l}$.

Comme en secteurs profonds les concentrations en phosphates sont inférieures à 2 $\mu\text{moles/l}$ et elles n'évoluent pas sensiblement au cours de l'année. Toutefois les plus fortes valeurs sont observées en saison de pluies et de crues (2,4 $\mu\text{moles/l}$ en juin).

ELEMENT	STATION B		STATION D		
	Saison humide	Saison sèche	Saison humide	Saison sèche	
NO ₃ + NO ₂	Moyenne	8,95	3,00	10,60	4,40
	CV%	62,00	34,00	37,10	42,50
	Maximum	16,00	4,31	14,40	7,50
	Minimum	2,61	1,64	4,50	1,84
NH ₄	Moyenne	20,80	11,56	20,70	13,80
	CV%	118,50	68,00	95,10	36,70
	Maximum	67,00	24,11	60,20	20,00
	Minimum	2,94	4,45	4,63	5,04
PO ₄	Moyenne	1,20	0,70	1,34	0,55
	CV%	13,50	33,30	42,50	41,80
	Maximum	1,44	1,10	2,42	0,86
	Minimum	1,01	0,42	0,73	0,30

Tableau 3 - Variations saisonnières des concentrations moyennes ($\mu\text{moles/l}$) en sels nutritifs de juillet 1984 à juillet 1985 dans les secteurs peu profonds de la lagune Aby.

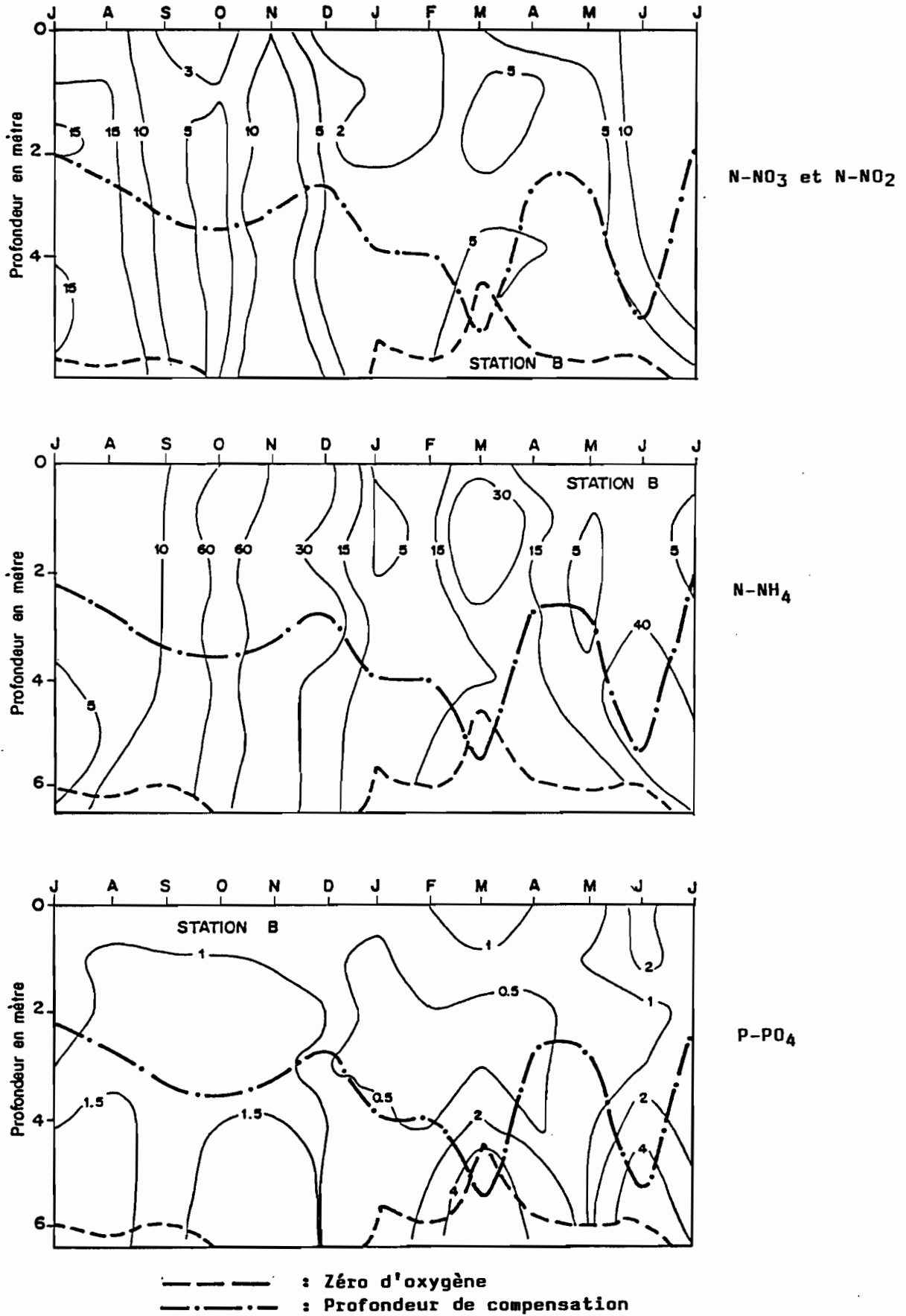
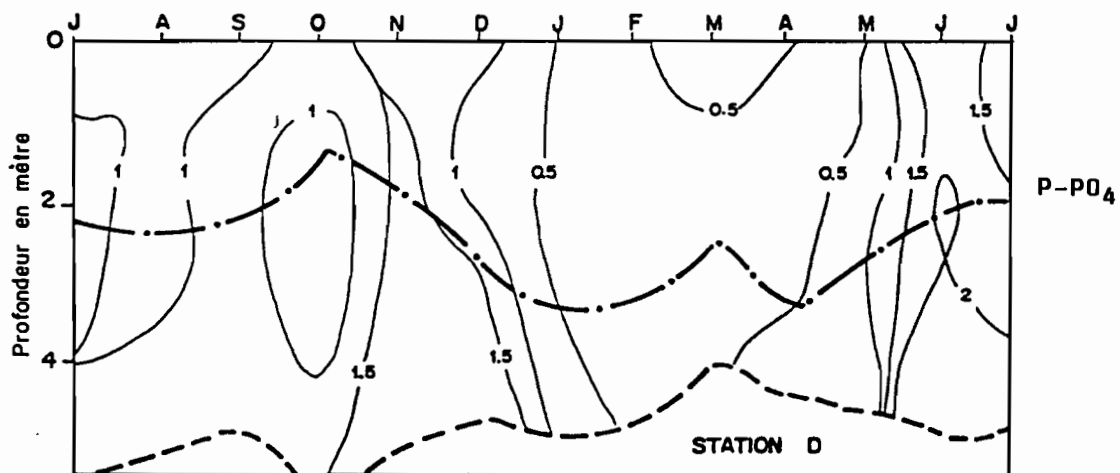
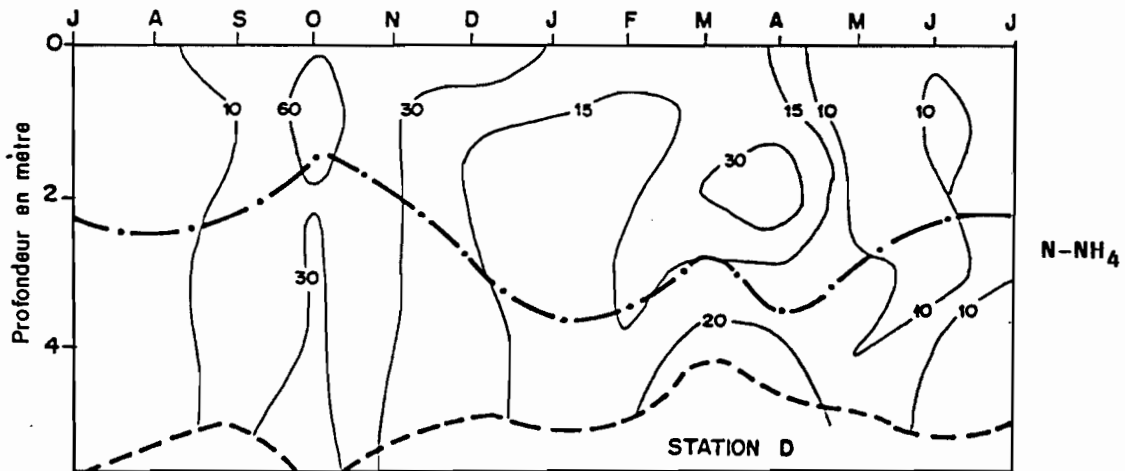
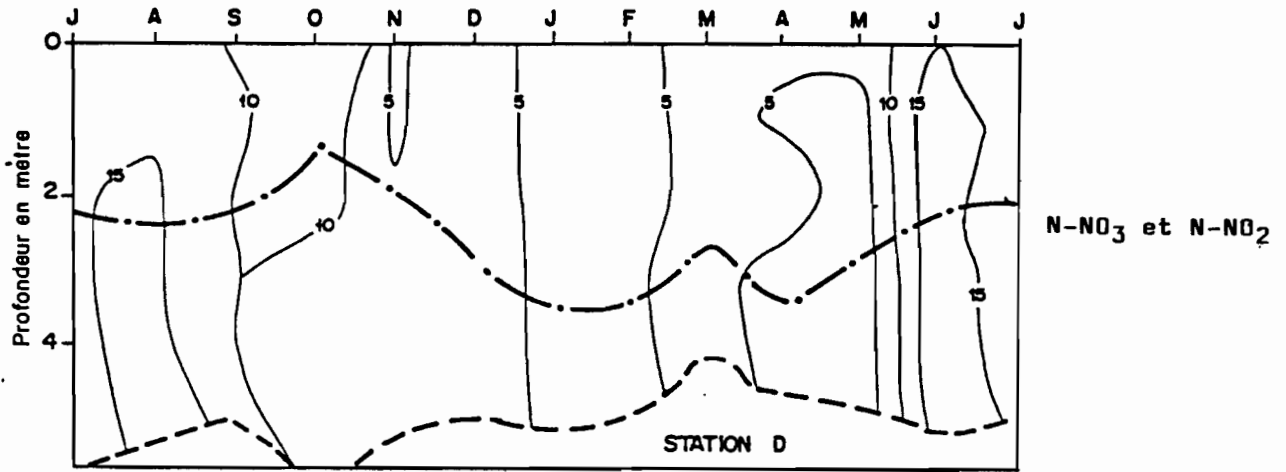


Figure 7 : Distribution spatio-temporelle de N-NO₃ et de N-NO₂, de N-NH₄ et de P-PO₄ (μmoles/l) de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.



----- : Zéro d'oxygène
 -.-.-.-.- : Profondeur de compensation

Figure 8 : Distribution spatio-temporelle de N-NO₃ et de N-NO₂, de N-NH₄ et de P-PO₄ (µmoles/l) de juillet 1984 à juillet 1985 en lagune Aby.

3 - DISCUSSION ET CONCLUSION

En lagune Aby, comme dans d'autres secteurs profonds de la lagune Ebrié sous influence marine, la stratification physique des eaux contrôle la distribution verticale des composés minéraux dissous (Caumette, 1985).

L'analyse des résultats montre la forte variabilité journalière et saisonnière des concentrations des composés chimiques étudiés, dans un contexte de stratification de la colonne d'eau notamment dans les zones profondes. Cette variabilité des concentrations peut être liée à des facteurs hydroclimatiques tels que le vent, les pluies, les crues et eaux océaniques. L'influence de ces facteurs peut différemment être ressentis selon l'espace et le temps.

Dufour et Lemasson (1985) ont montré que les sources de nutriment sont d'origines diverses : continent, océan, atmosphère, sédiments et reminéralisation de la matière organique. En lagune Aby, l'influence océanique est faible. L'abondance des sels nutritifs est essentiellement due aux apports continentaux, atmosphériques et à l'activité minéralisatrice des bactéries dans les couches profondes.

Dans l'épilimnion, les nitrates et nitrites, issus de l'oxydation de l'azote ammoniacal, sont très abondants alors que les composés assimilables par les micro-organismes (phytoplancton, bactéries) diminuent sensiblement notamment en période de saison sèche. Dans l'hypolimnion, les nitrates et nitrites sont à l'état de traces ($1,5 \mu\text{moles/l}$). Cela est dû à leur réduction en azote ammoniacal dans les conditions anaérobies qui règnent en permanence dans les couches profondes en lagune Aby (Chantraine, 1980; Métongo, 1985).

Contrairement aux nitrates et nitrites, l'azote ammoniacal et les phosphates, issus de la dégradation anaérobie par les bactéries fermentatrices et minéralisatrices de la matière organique accumulée dans la colonne d'eau et dans les sédiments, présentent de fortes teneurs dans l'hypolimnion. Les études précédentes de Chantraine (1980) et de Métongo (1985) ont montré que les eaux de fond sont peu renouvelées, demeurant anoxiques toute l'année avec une présence permanente de sulfures.

L'examen de la figure 5 fait apparaître une période de déstratification en octobre. Le brassage des eaux lors de cette déstratification provoque la diffusion importante de l'azote ammoniacal accumulé dans

l'hypolimnion vers la couche superficielle. Le gradient de température, (qui s'inverse avec des eaux de surface plus chaudes que les eaux de fond), n'est pas assez élevé pour maintenir une barrière de densité entre les eaux de surface et les eaux de fond. Toutefois les concentrations en ammoniacque dans l'hypolimnion demeurent importantes (plus de 300 $\mu\text{moles/l}$). Le brassage des eaux n'atteint donc pas les eaux de fond qui demeurent anoxiques.

La diminution des concentrations ne s'observe qu'en novembre dans les couches profondes correspondant à la pénétration d'eaux marines. Pendant cette même période les nitrates et nitrites sont détectés pratiquement dans toute la colonne d'eau.

En fin de saison sèche (mars à mai), comme l'attestent les distributions spatio-temporelles en secteurs profonds (Fig. 5 et 6), il se produit une remontée des isolignes de l'azote ammoniacal et de phosphates. Ce phénomène a été également observé en lagunes Aby et Ebrié pour les isolignes d'oxygène et de salinité (Caumette, 1985; Métongo, 1985). Dans les trois premiers mètres, les concentrations en N-NH_4 et en P-PO_4 demeurent faibles (5 à 8 $\mu\text{moles/l}$ pour l'azote ammoniacal et inférieures à 1 $\mu\text{mole/l}$ pour les phosphates). A 5 m de profondeur les concentrations montent respectivement à plus de 100 et de 10 $\mu\text{moles/l}$. Ces composés réduits sont cependant abondants dans l'hypolimnion. Ainsi le brassage des eaux n'atteint pas les couches les plus profondes.

Dans les zones peu profondes la répartition des sels nutritifs semble homogène dans la colonne d'eau, favorisée en cela par le brassage des eaux dû aux coups de vent.

Les concentrations de l'azote ammoniacal et de phosphates observées par Caumette en 1985 en période de stratification dans un écosystème comparable à celui de la lagune Aby : la baie d'Abou-Abou en lagune Ebrié, sont légèrement inférieures à celles observées en lagune Aby. Dans l'hypolimnion les teneurs moyennes respectives sont de 200 et de 40 $\mu\text{moles/l}$. Dans l'épilimnion elles n'excèdent pas 1 à 2 $\mu\text{moles/l}$. En période de déstratification les teneurs en azote ammoniacal et en phosphates diminuent sensiblement dans la colonne d'eau, par contre, les nitrates et nitrites pénètrent profondément dans la colonne d'eau.

La lagune Aby apparaît comme un milieu estuarien dans les secteurs profonds. L'épilimnion est riche en nitrates et en nitrites, par contre, il est pauvre en produits réduits qui sont accumulés dans l'hypolimnion. Par rapport aux baies de la lagune Ebrié qui présentent des périodes de déstratification relativement longues (3 à 4 mois), la lagune Aby

connaît une période de déstratification très courte durant la période d'étude en raison de la faible influence marine et de l'absence d'hydrodynamisme. Les concentrations en sels nutritifs sont comparables à celles observées en baie d'Abou-Abou mais très inférieures à celles notées en baie de Biétri soumise à une forte pollution anthropogénique.

BIBLIOGRAPHIE

- Caumette P., 1985.- Développement des bactéries phototrophes et des bactéries sulfato-réductrices dans les lagunes peu profondes et dans les lagunes stratifiées. Etude de leur rôle dans le cycle de soufre et dans la production de biomasse.
Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille, 325 p.
- Chantraine J.M., 1980.- La lagune Aby (Côte d'Ivoire). Morphologie, hydrologie, paramètres physico-chimiques.
Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 11 (2) :39-77.
- Dufour P. et Lemasson L., 1985.- Le régime nutritif de la lagune tropicale Ebrié (Côte d'Ivoire).
Océanogr. Trop. 20 (1) : 41-69.
- Durand J.R. et Chantraine J.M., 1982.- L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes.
Rev. Hydrobiol. Trop. 15 (2) : 85-113.
- Métongo B.S., 1985.- Hydroclimat d'une lagune à forte influence continentale : la lagune Aby (Côte d'Ivoire).
Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, Vol.XVI n°unique, 45-64.
- Pagès J., Lemasson L. et 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.
- Strickland J.D. et Parsons T.R., 1968.- A practical handbook of seawater analysis.
Bull. Fish. Bd. Can. : 167-370.

* *
*

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES

VOL. XVII, N° UNIQUE Année 1989

CENTRE DE RECHERCHES
OCÉANOGRAPHIQUES
ABIDJAN

SOMMAIRE

Métongo B.S. – Production primaire d'une lagune tropicale à forte influence continentale : la lagune Aby (Côte d'Ivoire).....	1-27
Métongo B.S. – Evolution saisonnière des phosphates et des composés minéraux dissous de l'azote en lagune Aby (Côte d'Ivoire)	29-45
Bard F.X., E.L. Scott – Traversées de thons albacores marqués des côtes américaines aux côtes africaines.....	47-58
Ecoutin J.M., M. Delahaye – Les sennes tournantes de Vridi (lagune Ebrié). Caractéristiques générales du métier	59-77

See contents on back-cover



CONTENTS

Métongo B.S. – Primary production of a tropical lagoon with high continental influence : Aby lagoon (Côte d'Ivoire).....	1–27
Métongo B.S. – Seasonal evolution of phosphate and dissolved mineral compounds of nitrogen in lagoon Aby (Côte d'Ivoire)	29–45
Bard F.X., E.L. Scott – Crossing of the Atlantic Ocean by tagged yellow-fin tuna from US coast to African coasts	47–58
Ecoutin J.M., M. Delahaye – The purse seine of Vridi (Ebrié lagoon). General characteristics	59–77