

## LES LAGUNES IVOIRIENNES

J.R. DURAND et M. SKUBICH

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

(Accepté le 15 décembre 1980)

### ABSTRACT

Durand, J.R. and Skubich, M., 1982. The lagoons of the Ivory Coast. *Aquaculture*, 27: 211-250 (in French).

The first evaluation of the acquired knowledge on the brackish water environment of the Ivory Coast is presented here.

Situated along the north coast of the Gulf of Guinea, between 2° 50' W and 5° 25' W, the lagoons have a total surface area of 1200 km<sup>2</sup>. The climate of the coast area is similar to the equatorial climate. The annual rainfall is about 2000 mm and distributed in two rainy seasons. Each of the three main lagoons has a different hydrological system which depends on the contribution of the continental fresh water and on exchange with the marine environment. In the Ebrié lagoon, the annual contribution of the fresh water is estimated to be four times the volume of the lagoon. The entry of the sea water is 14 times this volume.

The temperature of the water averages 29°C and varies little throughout the year. In the Ebrié lagoon for example, there is considerable variation in salinity over the area depending on the seasonal contribution of the continental fresh water and the exchange with the sea water. The degree of salinity also depends on the morphology and the bathymetry of the different parts. Many intermediate situations are noted, from high gradients (seasonal and vertical) to low gradients within stable oligohaline areas (salinity from 3 to 5‰). On the contrary, the Aby lagoon is less influenced by the marine environment. The salinity gradient is more stable, and the water is more oligohaline.

In the marine influenced area, the seasonal variation of pH is the result of mixing between sea and fresh water. However, a low pH is noted particularly in the western part of the Ebrié Lagoon. The concentrations of dissolved oxygen in the surface water are generally 4-7 ppm. Its vertical distribution varies greatly during the different seasons and over the different areas. Deoxygenation conditions are often observed, for example in some polluted bays in the Abidjan area, and in the central basin of the Aby lagoon. Generally, the desalinated water is characterized by its poor nutrient contents and particularly the lack of nitrate. This phenomenon probably is related to the rapid recycling of the nutrients. The biomass of the phytoplankton is generally very high and the concentration of chlorophyll *a* represents more than 35 mg/m<sup>3</sup> in the western part of the Ebrié lagoon. The corresponding primary production is about 300 mg of carbon/m<sup>3</sup> per hour.

The zooplankton is represented mostly by the copepod *Acartia clausi*. The first estimation of the turnover time of the total biomass is between 1.2 and 3.8 days. In the population of the benthos, molluscs represent the bulk of the biomass. The importance of some crustaceans — crabs and shrimps — is noted.

Among the ichthyologic fauna, there are many types of biological cycles depending on the various types of salinity tolerances and on the conditions of the reproduction cycle.

12 JANV. 1984

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 4318 ex 1

Cote : B

The lagoon stocks are exploited by means of various types of artisanal fishing gear (individual or collective). The estimation of catches for 1977 was about 7000 tons (of which 60% was represented by *Ethmalosa*), 70% of the total catch is made by purse seines and beach seines. For the three lagoons, the production should probably be 15–20 000 metric tons, despite obvious signs of over-exploitation.

Conclusions are oriented towards a discussion of the heterogeneity, the productivity and the fragility of the lagoon ecosystems.

## RESUME

Durand, J.R. et Skubich, M., 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27: 211–250.

Un premier bilan des connaissances acquises sur les milieux saumâtres de Côte d'Ivoire est présenté.

Situées le long du rivage nord du golfe de Guinée, entre 2° 50' et 5° 25' de longitude ouest ces lagunes ont une superficie totale de 1.200 km<sup>2</sup>. Le climat au voisinage de la côte est proche du climat équatorial; les précipitations annuelles avoisinent 2.000 mm et sont réparties en deux saisons des pluies. Chacune des trois lagunes principales a un régime hydrique différent fonction du rythme et du volume total des apports continentaux (fleuves forestiers et fleuves de type soudanien), et de l'importance de l'exutoire — naturel ou artificiel — sur le milieu marin. En lagune Ebrié, les apports moyens annuels d'eau douce représentent plus de quatre fois le volume total de la lagune et les entrées d'eaux marines plus de 14 fois ce même volume.

La température des eaux est de 29°C en moyenne et varie peu au cours de l'année. La salinité présente des variations spatiotemporelles très importantes en lagune Ebrié en fonction des apports d'eau douce et des échanges d'eau salée, de leur répartition, de la morphologie et de la bathymétrie; tous les intermédiaires sont rencontrés, depuis les zones à fortes variations saisonnières et gradients verticaux accusés jusqu'aux régions très dessalées (3 à 5‰) stables et homogènes. La lagune Aby, en revanche, moins soumise à l'influence marine, est beaucoup plus stable et dessalée dans son ensemble.

Les variations saisonnières du pH s'expliquent, dans les régions sous influence marine, par le mélange plus ou moins marqué des eaux d'origine marine et continentale. Toutefois des valeurs particulièrement basses sont trouvées dans les eaux dessalées de l'ouest de la lagune Ebrié. Les concentrations d'oxygène dissous dans les eaux superficielles sont généralement comprises entre 4 et 7 ml/litre; la distribution verticale varie avec les saisons et les régions. Des conditions de désoxygénation marquée peuvent être couramment rencontrées: baies polluées de la région d'Abidjan, cuvette centrale de la lagune Aby. Les zones dessalées sont caractérisées par des eaux très-pauvres en sels nutritifs, particulièrement en nitrates, ce qui correspond sans doute à un recyclage très rapide. La biomasse phyto-planctonique est très élevée dans l'ensemble et la chlorophylle *a* dépasse 35 mg/m<sup>3</sup> dans les régions occidentales dessalées de la lagune Ebrié où la production primaire brute oscille autour de 300 mg de Carbone/m<sup>3</sup> par heure.

Le zooplancton est dominé par le copépode *Acartia clausi* et une première estimation du temps de renouvellement global de la biomasse se situe entre 1,2 et 3,8 jours. Le benthos est assez peu diversifié et les mollusques représentent l'essentiel de la biomasse avec les grands crustacés — crabes et crevettes — qui font l'objet d'exploitations actives.

La faune ichtyologique offre divers types de cycles biologiques, en fonction du degré d'euryhalinité et du milieu de reproduction. L'exploitation des stocks lagunaires est basée sur des techniques de pêche individuelles et collectives; pour 1977, les captures totales avoisinent 7.000 tonnes — dont 60% d'*Ethmaloses* — pêchées surtout (71%) par des sennes. Pour l'ensemble des lagunes les captures totales se situent entre 15 et 20.000 tonnes, malgré des indices de surexploitation probable.

En conclusion, on insiste sur l'hétérogénéité, la richesse et la fragilité des écosystèmes lagunaires.

## INTRODUCTION

La compréhension des interrelations entre les continents et l'océan passe par l'étude des milieux saumâtres qui jouent un rôle d'interface essentiel puisqu'ils sont le lieu de passage obligé de la plus grande partie des apports continentaux. Ils sont le siège de phénomènes complexes liés aux échanges entre eaux douces et marines qui font l'objet de recherches approfondies car susceptibles de nous éclairer sur le fonctionnement de ce type d'écosystème et de là, sur les systèmes adjacents, marins et continentaux. Ces milieux sont riches et il faut connaître les facteurs de cette productivité élevée. Celle-ci entraîne le développement d'activités liées à l'exploitation des animaux utilisables par l'homme, poissons, crustacés et mollusques; tout d'abord exploitations par la pêche, qui représente une forme de cueillette sur les stocks naturels, puis par l'élevage en aquaculture dès que la biologie et l'écologie d'espèces intéressantes sont suffisamment bien connues. Cette exploitation des ressources vivantes ne constitue qu'un des nombreux volets de l'intérêt humain pour les lagunes qui sont aussi des zones privilégiées de peuplement et des zones d'installations urbaines portuaires et industrielles; celles-ci supposent que soient résolus les problèmes de circulation, tant dans le domaine lagunaire qu'entre celui-ci et le domaine marin. Enfin, ces plans d'eaux calmes à proximité de l'océan offrent des possibilités touristiques non négligeables.

Toutes ces utilisations des milieux saumâtres sont bien souvent contradictoires et la compétition entre ces divers types d'activités suppose une concertation pour qu'un équilibre puisse être maintenu et qu'un développement harmonieux s'instaure et ce, d'autant plus qu'il s'agit d'écosystèmes hétérogènes et fragiles où les interventions hâtives et irréfléchies peuvent conduire à des péjorations graves, voire irréversibles, de l'environnement. La présentation condensée de l'état actuel de certains aspects de nos connaissances sur les milieux saumâtres ivoiriens nous donnera l'occasion d'illustrer ce propos.

Après une rapide introduction, trois grands thèmes seront successivement exposés: le contexte climatique au sens large avec l'influence de l'environnement sur le milieu permettant de définir des saisons lagunaires; les paramètres physico-chimiques de base reflétant l'activité biologique primaire au début des chaînes trophiques; enfin, des aspects des productions secondaires et terminales. En conclusion, on insiste sur l'hétérogénéité et la richesse des lagunes qui va de pair avec une instabilité potentielle naturelle qui peut être aggravée par l'intervention humaine et qu'il faudrait donc pouvoir analyser pour essayer de prévoir d'éventuelles situations critiques.

Qu'il s'agisse de milieux deltaïques, d'estuaires classiques, de lagunes typiques ou d'écosystèmes mixtes, les eaux saumâtres abondent au long du littoral ouest-africain, depuis le Cap Vert jusqu'aux bouches du Niger. Longeant la côte nord du golfe de Guinée, deux systèmes de lagunes sont plus particulièrement développés: celui du Bénin et du Nigeria d'une part (lagunes de Lagos et de Porto-Novo), celui de la Côte d'Ivoire d'autre part.

En Côte d'Ivoire, les lagunes sont essentiellement rassemblées le long de la

moitié orientale de la façade littorale, jusqu'au Ghana sur près de 300 km (Fig. 1). Cet ensemble qui couvre une superficie d'environ 1.200 km<sup>2</sup> est en réalité constitué de trois lagunes distinctes: d'ouest en est les lagunes de Grand Lahou, Ebrié et Aby (Fig. 2). Initialement séparées, elles ont été reliées grâce au percement de canaux qui permettent la circulation de petites embarcations sur près de 300 km de côte, jusqu'à la frontière du Ghana: le canal d'Assagny en 1939 et le canal d'Assinie entre 1955 et 1957.

La lagune de Grand Lahou est orientée est-ouest; c'est la plus petite et la moins profonde. Elle se raccorde à son extrémité orientale avec l'estuaire du Bandama qui est le plus grand fleuve de Côte d'Ivoire. Ceci explique que la passe de Grand Lahou, qui constitue le seul exutoire de la lagune, ait été ouverte en permanence sur la mer. Cette situation a cependant évolué sensiblement ces dernières années car la sécheresse persistante sur le Sahel et les grands barrages construits sur le Bandama entraînent des écoulements très inférieurs à ceux des années précédentes. Au plus fort de la sécheresse, la passe de Grand Lahou s'est fermée et l'ouverture n'a été rétablie que par l'intervention de bulldozers, en novembre 1973.

La lagune Ebrié est, elle aussi, étirée d'est en ouest sur 130 km et sa largeur n'excède pas 7 km. La profondeur moyenne est de 4,8 m et quelques fosses proches d'Abidjan dépassent 20 m (port, baie d'Abou-Abou etc. d'après Varlet, 1978). C'est la lagune la plus vaste: 566 km<sup>2</sup> avec le diverticule des lagunes Adjin et Potou. Les baies, situées surtout sur la rive nord représentent près de 20% de la surface totale. Le régime de la lagune Ebrié a été très profondément modifié par l'ouverture du canal de Vridi en 1950. Ce canal, large de 300 m et profond d'une vingtaine de mètres a provoqué l'ensablement progressif du grau de Grand Bassam qui constituait initialement le seul exutoire de la lagune et qui n'a plus été rouvert qu'exceptionnellement depuis 1954.

Enfin, la lagune Aby (424 km<sup>2</sup>) se distingue de ses deux voisines par des apports continentaux beaucoup moins importants que ceux du Bandama ou du Comoé, des échanges relativement réduits avec la mer par le grau d'Assinie et une morphologie différente puisque la partie la plus vaste de la lagune — qui atteint une profondeur maximale de 15 mètres — s'enfonce sur plus de 30 km à l'intérieur des terres (Fig. 2).

L'étude des lagunes a réellement débuté après la seconde guerre mondiale et la première étude approfondie du milieu fut celle de Varlet (1978). Ses observations concernent la période 1947-1955 pour la lagune Ebrié soit avant et après l'ouverture du canal de Vridi (23 juillet 1950), il y sera largement fait appel ici. Les études se sont notablement intensifiées depuis 1970 avec en particulier des travaux sur le milieu (Tastet, 1974; Pagès et al., 1979) et sur la bio-écologie des organismes estuariens (Rancurel, 1971; Galois, 1975; Garcia, 1976)<sup>1</sup>. Enfin, les recherches en cours s'efforcent d'aborder tous les aspects importants du fonctionnement de l'écosystème lagunaire, depuis les

<sup>1</sup> Une bibliographie provisoire sur les lagunes de Côte d'Ivoire a été récemment publiée: Charles-Dominique et Durand, 1979.

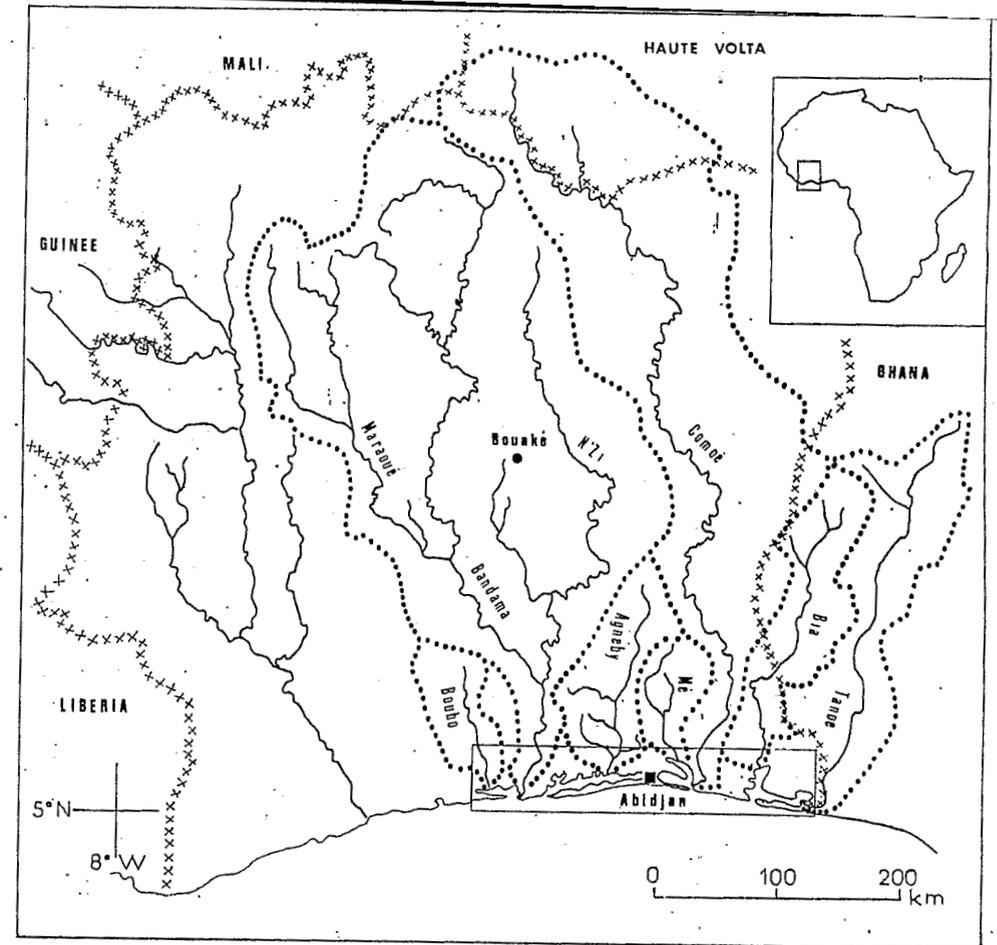


Fig. 1. Bassins versants (...) des cours d'eau ayant leur exutoire dans le domaine lagunaire.

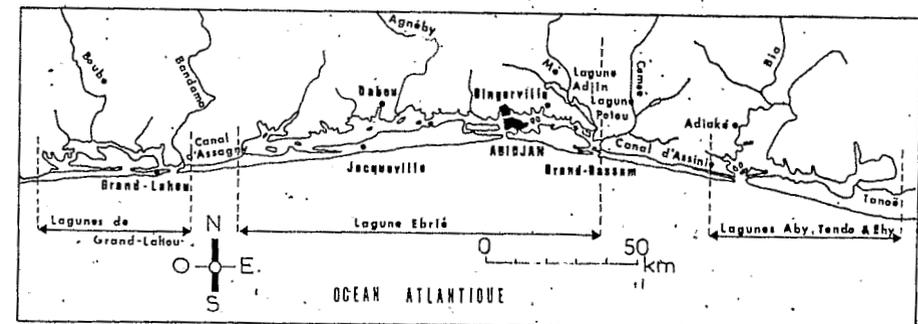


Fig. 2. Morphologie du système lagunaire ivoirien.

transferts d'énergie au sein de la pyramide trophique jusqu'aux aspects terminaux de l'exploitation de la matière vivante, qu'il s'agisse de pêche ou d'aquaculture.

## CLIMAT ET HYDROLOGIE

### Saisons continentales et saisons marines

La zone littorale de Côte d'Ivoire est comprise dans le domaine subéquatorial et le climat au voisinage de la côte est plus proche du climat équatorial que du climat tropical humide. Il est caractérisé par l'existence de deux saisons des pluies: la plus intense et la plus longue présente un maximum en juin, la plus courte est centrée sur octobre (Fig. 3). Deux saisons intermédi-

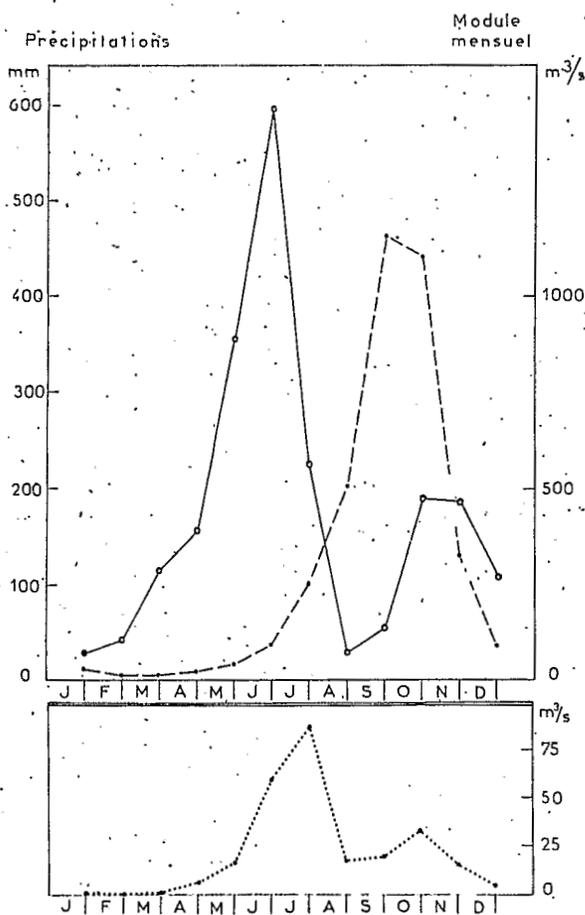


Fig. 3. Précipitations mensuelles moyennes (Abidjan-Aéroport: o—o). Hydrogrammes moyens pour le régime équatorial de transition (Agnèby . . .) et le régime tropical de transition (Bandama — —), d'après Girard et al., 1971, et annuaires hydrologiques de l'ORSTOM.

aires — qui ont reçu l'appellation imagée mais impropre de saisons "sèches" — les séparent, la petite en août et septembre et la grande saison sèche de novembre ou décembre à février ou mars (d'après Eldin, 1971). Les hauteurs de précipitations annuelles dans la région des lagunes sont comprises entre des valeurs moyennes proches de 2.100 mm (Abidjan-Aéroport, Adiaké, Dabou) et 1.700 mm (Grand Lahou) (Girard et al., 1971).

Sept fleuves, d'importance très inégale, se jettent dans les lagunes: le Bandama et le Boubo pour la lagune de Grand Lahou; l'Agnèby, le Mé et le Comoé pour la lagune Ebrié et enfin la Bia et la Tanoe pour la lagune Aby (Fig. 1).

Alors que le Bandama et le Comoé sont des fleuves importants qui drainent dans le sens nord-sud la plus grande partie de la Côte d'Ivoire, les cinq autres sont des fleuves côtiers dont les bassins versants — relativement réduits — s'étendent sur la partie méridionale du pays et sont donc entièrement situés en zone forestière (domaine guinéen).

Les régimes hydrologiques s'apparentent étroitement au régime des précipitations sur les bassins versants, ce qui conduit à la distinction de deux types (Girard et al., 1971):

— le régime équatorial de transition pour les fleuves côtiers: il est caractérisé par l'existence de deux crues annuelles qui reflètent — strictement — la répartition saisonnière des pluies sur les régions méridionales et sont légèrement décalées — d'un mois environ — à leur arrivée dans les lagunes (Fig. 3).

— le régime tropical de transition: il correspond à des précipitations sur la partie septentrionale de la Côte d'Ivoire (savanes et forêt claire du domaine soudanéen). Ce régime est caractérisé par une seule crue annuelle située généralement entre août et novembre. L'étiage est très marqué et les basses eaux s'étendent de janvier à mai. Le Bandama et le Comoé présentent des régimes proches de ce type.

Le Tableau I rassemble les principales caractéristiques des fleuves intéressant le système lagunaire. L'allure des hydrogrammes moyens de l'Agnèby et du Bandama sont indiqués sur la Fig. 3. Les valeurs indiquées dans le tableau I se rapportent pour le Bandama, le Comoé et l'Agnèby à la période 1953—1967 (Girard et al., 1971); pour la Mé et la Bia elles se rapportent à des années plus récentes, entre 1963 et 1976 (Fig. 4); pour la Tanoe enfin il s'agit de la période 1956—1965 (S. Whyte, comm. pers., 1979). Nous n'avons aucune donnée pour le Boubo, en première approximation, les 5.100 km<sup>2</sup> de son bassin versant doivent correspondre à un volume total écoulé de 0,5 à 0,8 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

On voit qu'alors que les apports aux lagunes de Grand Lahou et Ebrié sont très importants et tardifs car issus pour l'essentiel de régimes tropicaux de transition, en lagune Aby, l'afflux d'eaux douces continentales est moins notable et se produit surtout aux mois de juillet et août. Ces valeurs moyennes recouvrent en fait une variabilité interannuelle très appréciable et qui joue bien évidemment un rôle dans la variabilité du milieu lagunaire. Nous avons déjà cité l'exemple du Bandama et de la fermeture de la passe de

TABLEAU I

Principales caractéristiques des fleuves intéressant le système lagunaire ivoirien (cf. texte).  $\bar{V}$  désigne le volume total écoulé en année moyenne. Les valeurs indiquées ont été extrapolées à la surface totale du bassin versant (première colonne)

Régime	Cours d'eau	Bassin versant (km <sup>2</sup> )	$\bar{V}$ (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	Modules moyens (m <sup>3</sup> /s)		
				Annuel	Maximum	Epoque
Equatorial de transition	Agneby	8.900	0,7	22	87	juillet
	Mé	4.300	1,1	36	115	juin
	Bia	10.000	2,1	65	155	juillet
	Tanoé	16.000	4,4	140	342	juillet
Tropical de transition	Bandama	97.500	13,0	413	1448	octobre
	Comoé	78.000	9,6	305	1157	septembre

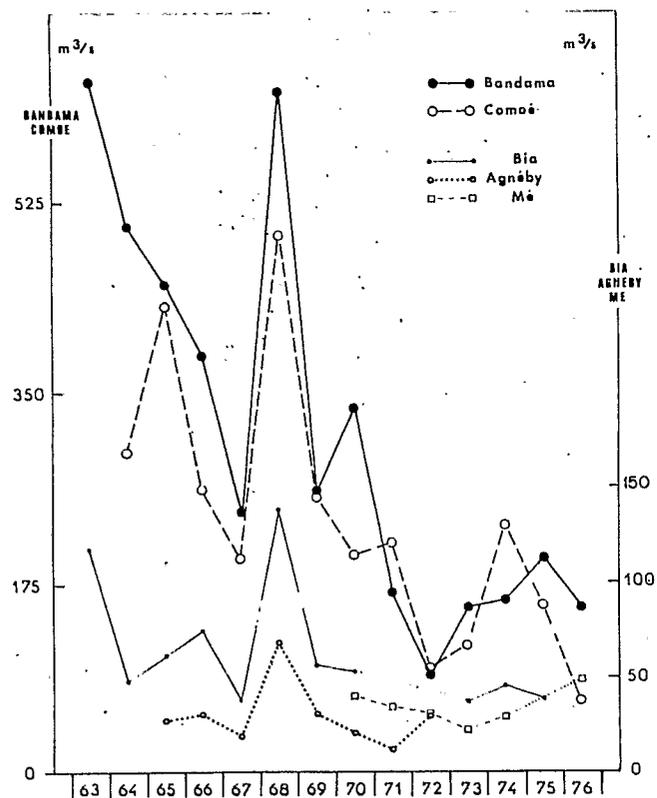


Fig. 4. Evolution des modules annuels des principaux cours d'eau intéressant le système lagunaire (1963-1976).

Grand Lahou et la Fig. 4 illustre l'évolution récente des modules moyens pour quelques uns des cours d'eau du Tableau I. L'évolution générale des débits avec la sécheresse est particulièrement nette pour le Bandama et le Comoé: la moyenne des années 1971 à 1976 pour le Bandama ne représente que 37% des 400 m<sup>3</sup>/s mesurés durant la décennie précédente. Il faut remarquer l'allure exceptionnelle de toutes les crues de 1968, quel que soit le régime hydrologique considéré. On peut aussi noter le parallélisme remarquable des modules du Bandama et du Comoé qui semble indiquer que le rôle des barrages dans le déficit des apports du Bandama à son estuaire a été relativement minime au regard du phénomène climatique général, ce qui ne signifie pas, bien entendu, qu'il le demeure avec la construction de nouveaux ouvrages hydroélectriques sur ce fleuve.

L'hydroclimat marin influence lui aussi les lagunes et on peut schématiquement le caractériser par quatre saisons principales (Morlière, 1970).

— Petite saison froide (fin décembre—janvier): il se produit un upwelling côtier qui intéresse toute la Côte d'Ivoire, les eaux marines côtières sont froides (24-25°C) et salées (plus de 35‰) (Fig. 5).

— Grande saison chaude (février—mai): les eaux océaniques s'installent devant

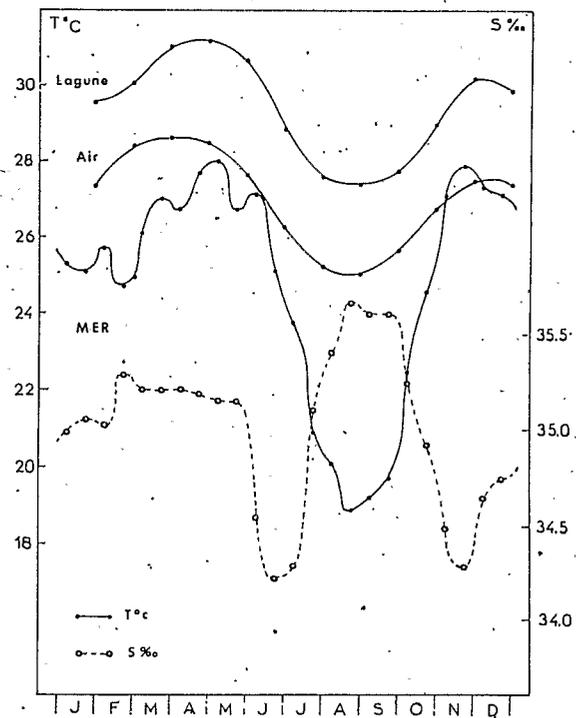


Fig. 5. Températures moyennes mensuelles (°C) dans la région d'Abidjan, d'après Varlet (1978) pour l'air et la lagune en surface (moyenne 1938-1945); d'après Binet (1977) pour la mer: station côtière à 10 m de profondeur (moyennes 1969-1975). Les tiretés schématisent l'évolution de la salinité des eaux marines près de la côte.

la Côte d'Ivoire, la température oscille entre 27 et 28°C et la salinité est proche de 35‰.

— Grande saison froide (juillet—octobre): c'est la saison de l'upwelling normalement le plus marqué, la salinité des eaux marines côtières est toujours proche de 35‰ avec une température inférieure à 23°C.

— Petite saison chaude (novembre—décembre): des eaux guinéennes chaudes et dessalées viennent recouvrir celles de l'upwelling.

Si elles sont sensibles pour l'océanographe, les variations de salinité des eaux côtières sont tout à fait insignifiantes dans le contexte lagunaire. C'est beaucoup plus par leurs variations saisonnières de température et celles de la richesse des eaux (oxygène, sels nutritifs) que les eaux marines peuvent intervenir. Ce rôle est surtout manifeste pour la lagune-Ebrié dont l'ouverture artificielle sur le domaine marin est beaucoup plus vaste que les exutoires naturels des graus de Grand Lahou et d'Assinie.

#### Conséquences directes du climat

Avant de définir les saisons lagunaires, résultantes des saisons continentales et marines, nous passerons en revue trois aspects directement reliés au climat: la température de l'eau, la salinité et enfin le bilan hydrique<sup>2</sup>.

#### La température des eaux

La lagune est constamment plus chaude que l'air, de 2–3°C, et sa température minimale est de l'ordre de la température maximale de la mer à Port-Bouët (Tableau II et Fig. 5). Les variations saisonnières sont faibles et les moyennes mensuelles varient au maximum de 3 à 4°C: 31,2 en avril à l'étiage et 27,4 en août après la grande saison des pluies. Les températures extrêmes mesurées sont de l'ordre de 25,5°C (Pagès et al., 1979) et 34°C (Tastet, 1974).

La variabilité spatiale des températures de surface est faible elle aussi et ne dépasse guère 3°C d'une extrémité à l'autre de la lagune, la seule exception étant constituée par les eaux sous influence marine, légèrement plus fraîches. Par rapport au chenal central on note aussi un léger refroidissement dans les baies, alors que les rivières sont plus froides que les lagunes. Le gradient vertical n'est jamais accentué, sauf en saison de crue il peut alors dépasser 6°C avec la présence simultanée des eaux froides marines d'upwelling en profondeur et des eaux chaudes dessalées des fleuves en surface (Pagès et al., 1979).

<sup>2</sup> L'importance des apports (cf. § Bilan hydrique) est telle qu'elle a des conséquences sensibles sur le niveau moyen du plan d'eau lagunaire. D'après Varlet, à Abidjan pour un niveau arbitraire zéro au mois d'août, le niveau moyen passerait à +10 cm de mars—mai et à +30 cm en octobre—novembre. Par ailleurs, cet auteur a montré qu'à l'ouest d'Abidjan la marée a le caractère d'une onde stationnaire: à Assagny (cf. Fig. 6) le retard est d'environ 5 heures par rapport au débouché du canal de Vridi en lagune et le marnage de 8–10 cm. Les courants peuvent dépasser 1 m/s dans la région d'Abidjan, et sont de l'ordre de 0,1–0,2 m/s dans les eaux dessalées à l'ouest de l'Agneby (Tastet, 1974).

TABLEAU II

Températures moyennes mensuelles (°C) de l'air et de la lagune à Abidjan (1938–45, in Varlet, 1978)

	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N
Lagune	29,6	30,1	31,1	31,2	30,7	28,9	27,6	27,4	27,8	29,0	30,2
Air	27,4	28,4	28,6	28,5	27,7	26,2	25,2	25,0	25,6	26,7	27,5

Les variations thermiques pour les lagunes de Grand Lahou et Aby sont analogues à celles décrites ci-dessus.

Sans négliger a priori le rôle possible des variations de température dans certains phénomènes précis, il ressort en définitive de ce qui précède que ce facteur joue un rôle évident par son niveau moyen — de l'ordre de 29°C — mais qu'en première analyse, il n'intervient qu'assez faiblement par sa variabilité spatio-temporelle.

#### La salinité

La salinité des eaux reflète directement le contexte climatique dont l'influence se fait sentir aussi bien par le rythme des apports que par leur importance. Elle est par ailleurs modifiée localement par la morphologie et la bathymétrie. Enfin, les gradients verticaux peuvent être très notables, la stabilité verticale correspondant à un mélange insuffisant des eaux océaniques et continentales, la circulation étant alors caractérisée par un écoulement superficiel d'eau moins salée vers la mer et un écoulement sous-jacent d'eau salée en sens inverse: c'est la situation rencontrée en lagune Ebrié dans le secteur sous influence marine, de part et d'autre d'Abidjan.

En lagune Ebrié le maximum de salinité se situe évidemment toujours dans la région du port d'Abidjan: il y a un renouvellement constant d'eaux salées par le canal de Vridi et leur salinité est généralement supérieure à 20‰ entre 4 et 20 m de profondeur. Le gradient vertical et la variabilité saisonnière s'atténuent d'autant plus que l'on s'éloigne du canal de Vridi, à l'ouest comme à l'est. La Fig. 6 représente les variations saisonnières de la salinité de surface en 1975 pour six stations régulièrement réparties d'ouest en est dans le chenal central (d'après Pagès et al., 1979).

Dans la région d'Abidjan (station 2), la salinité de surface reste très élevée de janvier à avril (20–30‰) et diminue ensuite très rapidement avec la saison des pluies pour atteindre 2–3‰ de juin à septembre et remonter ensuite progressivement. Ce profil caractérise en fait un cycle annuel (1975) pendant lequel la petite saison sèche a été peu marquée et la crue du Comoé assez faible (module de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/s au lieu de 300 en moyenne entre 1953 et 1967). L'évolution des salinités en 1962 (Fig. 8) est plus classique: on rencontre deux valeurs minimales successives, de l'ordre de 1‰, pendant la grande saison des pluies et lors de la crue du Comoé.

À l'ouest d'Abidjan (stations 10, 19 et 33) les salinités sont toujours

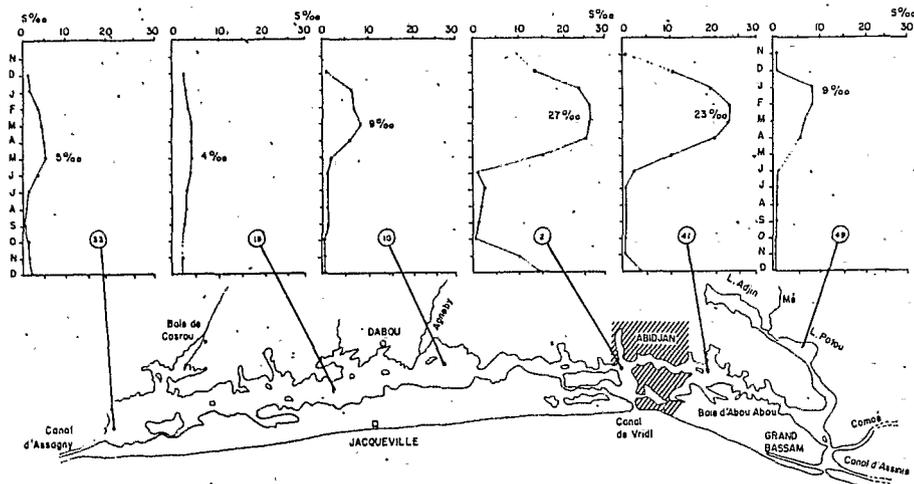


Fig. 6. Variation annuelle de la salinité en 6 stations réparties d'ouest en est dans le chenal central de la lagune Ebrié (données Pagès et al., 1979). On note l'influence de la distance à la mer (canal de Vridi).

faibles et inférieures à  $10\text{‰}$ . Il y a cependant un contraste net entre les régions les plus occidentales et la station 10. A l'ouest de Dabou, les salinités restent comprises entre 3 et  $5\text{‰}$  durant tout le cycle annuel. On constate simplement à l'extrémité ouest une légère augmentation à l'étiage (mars—avril) correspondant à l'influence de la lagune de Grand Lahou par l'intermédiaire du canal d'Assagny. Il n'y a jamais de gradient vertical de salinité dans ces régions. A la station 10 par contre la salinité augmente nettement à l'étiage ( $8\text{--}10\text{‰}$ ) et l'adoucissement ultérieur est dû tout à la fois aux crues des fleuves (Agneby et Comoé) et aux précipitations. On rencontre un gradient vertical assez net durant la grande saison sèche.

A l'est d'Abidjan (st. 41) l'allure du profil annuel diffère totalement de ce qu'on observe à l'ouest: l'évolution de janvier à juin est identique à celle observée dans la zone centrale sous influence marine mais ensuite l'influence du Comoé devient prépondérante et la salinité reste proche de  $0\text{‰}$  jusqu'à la fin de l'année. Comme dans la région ouest proche d'Abidjan, un gradient vertical peut apparaître en saison sèche.

Le cas du diverticule des lagunes Adjin et Potou est particulier: en lagune Potou (st. 49) l'influence de l'intrusion saline est sensible en saison sèche, tout en restant modérée, et l'eau est douce de mai à décembre; en lagune Adjin l'eau est presque douce toute l'année. Cette oligohalinité est bien entendu gouvernée par les crues de la Mé et du Comoé ainsi que par la bathymétrie (hauts fonds de la lagune Potou).

Cette description générale concerne le chenal central, et les baies reproduisent les variations avec retard et amortissement (Varlet, 1978); les particularités dues à la morphologie (baies à "seuil") ou à l'influence très localisée d'arrivée d'eaux douces sont cependant nombreuses.

En lagune de Grand Lahou on peut considérer qu'il y a deux régions distinctes: la région orientale présente une forte instabilité annuelle puisqu'elle reçoit tout à la fois les apports océaniques par le grau de Grand Lahou et la crue du Bandama. Dans la région occidentale en revanche, l'influence de ces apports est amortie: la salinité évolue de  $10$  à  $3\text{‰}$  au cours du cycle annuel pendant que celle du secteur oriental varie de  $25$  à  $0\text{‰}$ .

En lagune Aby les salinités de surface ne sont élevées que dans une zone restreinte influencée par la marée et proche de l'ouverture d'Assinie. Partout ailleurs la salinité de surface est faible (eaux oligohalines entre  $5$  et  $2\text{‰}$ ) et l'on peut considérer que l'extrémité orientale proche du Ghana est totalement dessalée toute l'année avec les apports de la rivière Tanoé. La cuvette centrale de la lagune Aby présente la particularité d'une stratification verticale permanente et prononcée avec des salinités au fond dépassant  $10\text{‰}$  et pouvant atteindre  $20\text{‰}$ .

#### Bilan hydrique

Il est intéressant d'essayer d'évaluer l'importance respective des apports et des pertes de diverses natures dans le système lagunaire. Cette estimation peut être tentée pour la lagune Ebrié (Varlet, 1978 et Fig. 7):

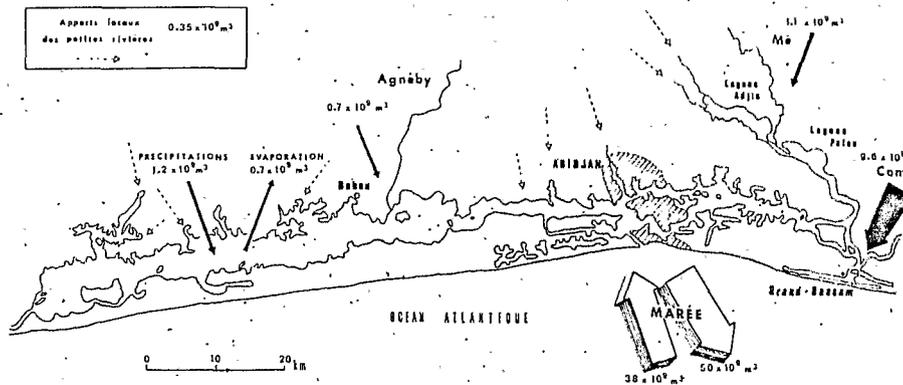


Fig. 7. Lagune Ebrié: bilan hydrique des entrées-sorties (d'après Varlet, 1978). Les flèches indiquent le sens des échanges. Il convient de distinguer les mouvements d'eau douce d'une part, les échanges avec la mer par le jeu biquotidien du flôt et du jusant, d'autre part.

Les entrées d'eau douce dans la lagune correspondent tout d'abord aux trois principaux cours d'eau, les volumes totaux écoulés peuvent être évalués respectivement à  $9,6$ ,  $1,1$  et  $0,7$  milliards de  $\text{m}^3$  en année moyenne pour le Comoé, la Mé et l'Agneby (Tableau I). Il y a ensuite les petits bassins versants riverains: Varlet estime leurs apports à  $0,35 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  en année moyenne pour  $1800 \text{ km}^2$  et un coefficient d'écoulement pris égal à  $0,1$ . Les précipitations représentent — pour  $2100 \text{ mm}$  en moyenne et  $566 \text{ km}^2$  —  $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ . Enfin l'évaporation moyenne est de  $127 \text{ mm/mois}$  (maximale en mars—avril:  $170 \text{ mm/mois}$ ; minimale en juin—août:  $105 \text{ mm}$ ) ce qui correspond à  $0,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ .

On peut se placer dans le cas plus simple — et le plus fréquent ces dernières années — où les échanges avec les eaux marines s'effectuent par le seul canal de Vridi. Aucune étude approfondie ne donne de résultats suffisamment précis pour que l'on puisse se risquer à chiffrer réellement le bilan hydrique mais Varlet a évalué, par des méthodes indirectes, le volume total annuel des sorties à  $50 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> environ et celui des entrées à  $38 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> pour 1951–52. Le bon accord de ces deux chiffres avec le bilan des eaux douces peut être en partie une coïncidence, mais l'ordre de grandeur subsiste et c'est ce qui nous intéresse ici. Le volume total de la lagune Ebrié, pour une profondeur moyenne proche de 4,8 m est d'environ  $2,7 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>. Il s'ensuit que les apports moyens annuels d'eau douce représentent plus de quatre fois le volume total de la lagune et que les entrées d'eaux marines sont plus de 14 fois plus importantes que ce même volume. La lagune Ebrié apparaît donc comme un milieu bien renouvelé depuis l'ouverture du canal de Vridi. Bien entendu, cette approche globale recouvre une variabilité spatiale importante et les taux de renouvellement des eaux sous influence marine doivent être très supérieurs à ceux des régions dessalées.

Pour les deux autres lagunes les données manquent pour pouvoir raisonnablement esquisser un bilan analogue. On peut néanmoins dire que pour la lagune de Grand Lahou le rapport entre le volume total apporté par le Bandama (avant 1967) et celui de la lagune était supérieur à 20.

En lagune Aby, les apports d'eau douce doivent avoir une importance relative comparable à ceux de la lagune Ebrié et représenter 3 à 4 fois le volume lagunaire en année moyenne; en revanche les échanges avec la mer doivent être assez limités, étant donnée la relative exiguité de la passe d'Assinie.

#### *Les saisons lagunaires*

L'hydroclimat lagunaire est la résultante des influences combinées des climats marins et terrestres. On peut schématiquement considérer trois saisons distinctes:

— Saison sèche (de janvier à avril): les apports continentaux — qu'il s'agisse d'écoulement ou de précipitations — sont négligeables, l'évaporation est maximale et l'influence marine prépondérante. Températures et salinités atteignent leur niveau le plus élevé.

— Saison des pluies (de mai à août): époque des plus fortes précipitations puis des apports des rivières forestières, la température atteint sa valeur minimale. C'est l'époque du début de l'upwelling dans la région côtière.

— Saison des crues (de septembre à décembre): l'arrivée des eaux des fleuves drainant le nord de la Côte d'Ivoire bouleverse certaines régions lagunaires où la salinité s'approche de zéro. La température remonte à partir d'octobre.

Ce découpage général doit être adapté en fonction de la variabilité interannuelle et de la spécificité de chacun des écosystèmes. C'est ainsi que pour la lagune Aby, la troisième saison ne peut être définie comme ci-dessus puisqu'il

n'y a pas de fleuve "soudanien": il s'agit plutôt alors d'une saison de transition marquée par la petite saison des pluies et par la deuxième crue des fleuves forestiers qui paraît particulièrement importante dans le cas de la Tanoe et presque du même ordre que la crue principale de juillet.

#### MILIEU ET PRODUCTION PRIMAIRE

Nous examinerons successivement la transparence, le pH et l'oxygène dissous qui reflètent partiellement l'activité biologique et ensuite les sels nutritifs et la chlorophylle *a* qui participent à la production primaire.

##### *La transparence*

Connaître la transparence des eaux est intéressant à deux titres: évaluation de la zone euphotique intervenant dans la production primaire d'une part, description des variations de milieu d'autre part. De ce dernier point de vue, elle englobe plusieurs aspects essentiels: densité du phytoplancton et charge solide; cette dernière peut être considérable en saison des crues et toute l'année dans la région d'Abidjan, jusqu'à 400 mg/l (Tastet, 1974).

En lagune Ebrié les transparences — évaluées par la profondeur de disparition du disque de Secchi — sont maximales dans la région d'Abidjan où elles atteignent 3–4 m durant l'étiage. Elles diminuent fortement de juin à novembre sous l'influence des divers apports d'eau douce. A l'est, dans le chenal central entre Abidjan et le Comoé, on trouve un cycle annuel analogue avec des valeurs toutefois plus faibles: de l'ordre de 2 m au début de l'année et moins de 0,3 m au plus fort des déversements du Comoé, vers octobre. Dans le système Adjin-Potou, la turbidité est toujours très élevée et la transparence ne dépasse jamais 1 m. A l'ouest d'Abidjan, les transparences sont les plus élevées dans la région de la station 19 (cf. Fig. 6), elles varient peu au cours de l'année et se situent entre 1,5 et 3 m. De part et d'autre de cette région (stations 10 et 33) la transparence diminue et ne dépasse généralement pas 1 m et ce pour des raisons distinctes: existence de peuplements phytoplanctoniques très denses toute l'année à l'extrémité ouest de la lagune, influence de l'Agneby pour la station 10.

La lagune de Grand Lahou présente des caractéristiques analogues avec une transparence maximale pendant l'étiage et une turbidité augmentée lors de la crue du Bandama. Il n'en est pas de même pour la lagune Aby pour laquelle les valeurs mesurées ne sont jamais élevées — 1 m au plus — et où il n'apparaît pas de variations saisonnières particulièrement significatives.

##### *Le pH*

Les eaux d'origine marine étant basiques et celles d'origine continentale plutôt acides, il n'est pas surprenant de constater que dans le secteur sous influence marine de la lagune Ebrié, les grandes variations saisonnières de pH

s'expliquent par l'importance relative des eaux de l'une ou l'autre origine. Dans cette région, le cycle annuel du pH est étroitement lié à celui de la salinité, ainsi que le montre la Fig. 8 pour la baie de Cocody en 1962 (Daget et Durand, 1968). Pour les mêmes raisons, les gradients verticaux de pH restent notables dans les régions, de part et d'autre d'Abidjan, où la salinité croît avec la profondeur, les valeurs maximales et minimales sont respectivement de l'ordre de 8,5 et 6,5.

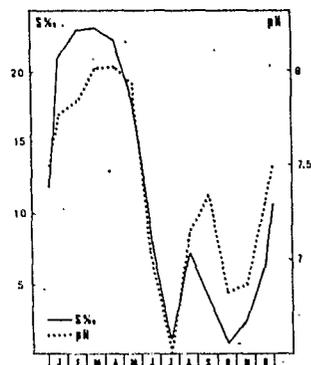


Fig. 8. Relation entre le pH et la salinité au cours d'un cycle annuel en zone sous influence marine (baie de Cocody, 1962) (in Daget et Durand, 1968).

Les variations spatiales du pH s'expliquent donc pour l'essentiel par la plus ou moins grande avancée des eaux marines entre janvier et avril et la prépondérance des eaux fluviales entre septembre et décembre, mais dans les régions oligohalines, les valeurs observées peuvent descendre notablement en-dessous du pH habituel des eaux fluviales. C'est ainsi qu'à l'ouest d'Abidjan, Varlet a fréquemment mesuré des pH de surface inférieurs à 6 dans la région de Dabou, le minimum ayant été de 5,1 d'août à décembre 1951. En février 1952, le pH mesuré en face de l'Agneby était de 5,47 alors que 20 km plus à l'ouest il était de 8,5 en surface. Aucune mesure de pH n'a été faite pour les eaux les plus dessalées, entre Dabou et le canal d'Assagny, ni pour les lagunes Aby et de Grand Lahou.

La production de matière végétale pendant le jour et la respiration nocturne imposent au pH des variations nyctémérales nettes et mesurables dans la mesure où l'influence des vents et de l'advection n'est pas trop importante. C'est ce qui ressort clairement de la Fig. 9 donnée par Varlet pour les baies d'Abidjan de part et d'autre de la digue de Koumassi, pendant 12.00 h de jour, le 26 avril 1951. Pour la baie de Koumassi est, plus protégée, le pH en surface passe de 7,6 à 08.00 h à 8,24 à 18.00 h. L'évolution parallèle des teneurs superficielles en oxygène est elle aussi accentuée: de 70% de saturation à 08.00 h à plus de 125% vers 16.00 h.

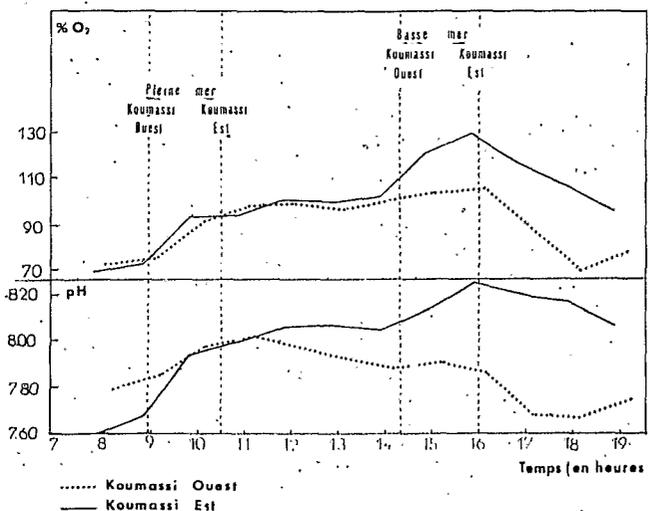


Fig. 9. Evolution diurne du pourcentage de saturation en oxygène et du pH de l'eau de surface des baies d'Abidjan situées de part et d'autre de la digue de Koumassi (26 avril 1951) (in Varlet, 1978).

### L'oxygène dissous

La concentration des eaux lagunaires en oxygène dissous est le résultat de plusieurs phénomènes qui peuvent se classer en deux grandes rubriques: apports externes et production in situ.

Les apports continentaux sont généralement saturés en oxygène tout au moins quand il s'agit des rivières les plus importantes, les eaux correspondant à des ruissellements sous couvert forestier pouvant être déficitaires en oxygène dissous car chargées de matières organiques et d'acides humiques. Les eaux de pluie sont toujours saturées. Les eaux de mer quant à elles peuvent présenter des variations saisonnières notables: elles sont saturées en mars-avril, en revanche, de juillet à octobre les eaux profondes à faible teneur en oxygène remontent à la surface et peuvent, suivant la force de l'upwelling, pénétrer en lagune. Les quantités d'oxygène dissous dans l'eau dépendent par ailleurs des échanges avec l'atmosphère, échanges qui sont favorisés par l'agitation de l'eau, elle-même fonction du vent, de la marée, et des courants fluviaux.

La production d'oxygène in situ correspond à la quantité de matière végétale produite par photosynthèse. Celle-ci dépend de la présence de sels minéraux et de la pénétration de l'énergie lumineuse elle-même fonction de la turbidité des eaux.

Les variations naturelles constatées sont de plusieurs ordres: cycles nyctéméraux liés à l'activité biologique; gradients verticaux plus ou moins accentués en fonction de la stratification verticale et de sa stabilité; variations saisonnières liées aux fluctuations saisonnières des apports et de la production photosyn-

thétique. A tout ceci s'ajoutent les interventions humaines qui ont un effet souvent négatif: pollutions d'origine industrielle ou agricole, établissement d'ouvrages diminuant la circulation de l'eau etc., et quelquefois positif: . . . "l'ouverture du canal de Vridi, a indéniablement contribué à aérer la lagune" (Varlet, 1978).

Aux fins de comparaison pour essayer de caractériser les évolutions des concentrations d'oxygène avec le temps et suivant les régions il est donc préférable de ne pas prendre en considération les variations liées aux cycles nycthémeraux et à la profondeur en ne considérant que les mesures diurnes effectuées en surface ou très près de celle-ci. Même dans ces conditions, il est difficile de caractériser des évolutions particulièrement nettes. La Fig. 10 rassemble les valeurs trouvées en 1975 — méthode de Winkler — pour quelques stations de la lagune Ebrié (d'après Pagès et al., 1979 et données C.R.O.). Les concentrations d' $O_2$  dissous dans les eaux de surface sont généralement comprises entre 4 et 7 ml/l; la variabilité est élevée et les différences apparemment constatées ne sont pas nécessairement significatives. L'oxygénation des eaux dessalées paraît cependant plus élevée (graphiques VI et V de la Fig. 10) que celle des eaux sous influence marine (III). Deux évolutions saisonnières méritent d'être notées: après les valeurs élevées de décembre—janvier (10 à 6 ml/l) l'oxygène dissous diminue très fortement partout (4 à 5 ml/l) en février. D'autre part, alors que les régions dessalées sont beaucoup mieux oxygénées en surface en juin et juillet, la situation s'améliore entre juillet et septembre pour la zone d'Abidjan et les régions adjacentes: il faut voir là l'influence de la crue du Comoé.

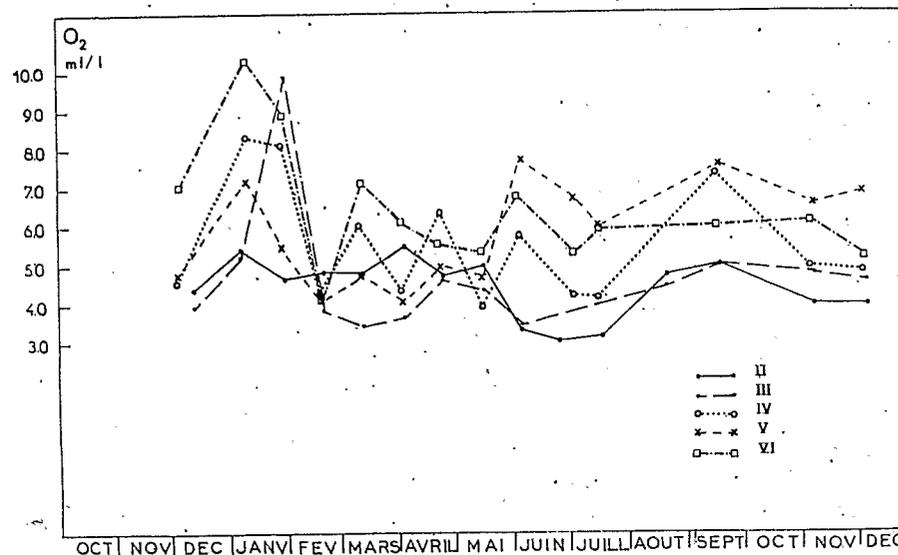


Fig. 10. Variation annuelle de la teneur en oxygène dissous en 5 zones caractéristiques de la lagune Ebrié. Les chiffres romains renvoient aux secteurs de la Fig. 14. Il s'agit de valeurs en surface.

La distribution verticale de l'oxygène est variable avec la saison et dépend essentiellement de la circulation et du renouvellement des eaux. Dufour et Slepoukha (1975) ont étudié la distribution de l'oxygène dans la région d'Abidjan (Fig. 11). D'une manière générale il existe partout une stratification nette à l'étiage de saison sèche et les gradients s'atténuent ou disparaissent avec la crue du Comoé. La circulation étant moins forte dans les baies fermées, les gradients y sont plus accusés et l'oxygénation des eaux diminue rapidement avec la profondeur, particulièrement à l'étiage. Enfin, les baies très polluées de la zone urbaine peuvent être désoxygénées sur tout ou partie de la colonne d'eau; ces conditions anoxiques de milieu peuvent s'accroître jusqu'à devenir suffisamment réductrices pour permettre la formation d'hydrogène sulfuré.

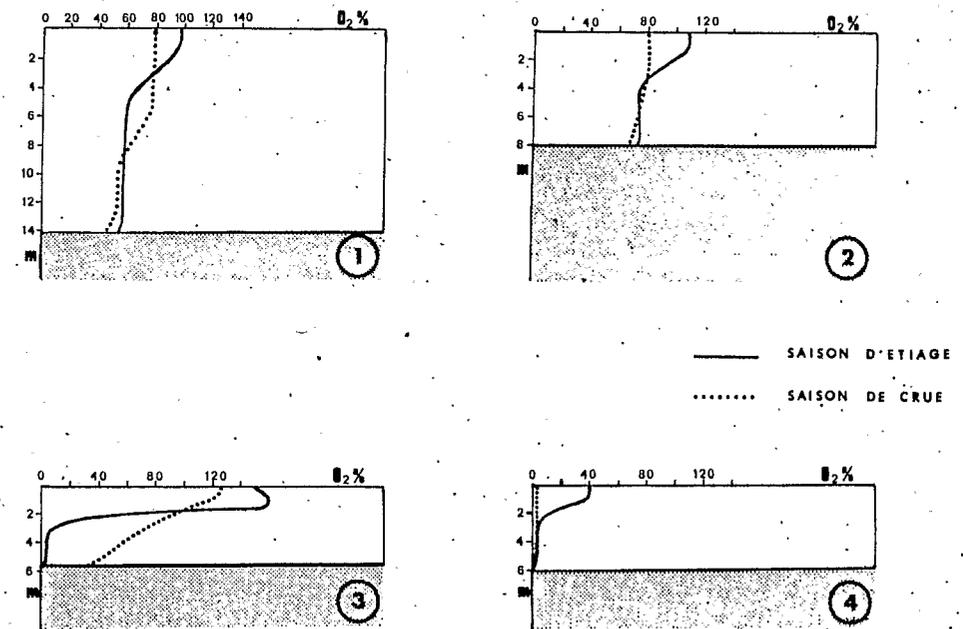


Fig. 11. Distribution verticale de la teneur en oxygène dissous dans la région d'Abidjan en saison d'étiage et en saison de crue (in Dufour et Slepoukha, 1975). 1, Zone d'estuaire permanent (zone du port); 2, Zone d'estuaire saisonnier (chenal central de la lagune Ebrié); 3, Zone sous influence urbaine; 4, Zone urbaine polluée.

La lagune Ebrié à l'est d'Abidjan présente des conditions d'oxygénation analogues à celles du chenal central dans la région d'Abidjan: gradient marqué en saison sèche qui disparaît avec la crue du Comoé. A l'ouest entre l'Agneby et Abidjan, la situation doit être assez proche aussi de celle décrite ci-dessus. Il n'en est plus de même par contre dans les régions dessalées entre Dabou et le canal d'Assagny (Fig. 12A). Les variations saisonnières en surface et au fond en 1975 montrent qu'il existe un gradient vertical marqué de janvier

à mai puisqu'on passe de 5 ml/l en surface à des valeurs comprises entre 1 et 2 ml/l au voisinage du fond. Des profils réalisés le 25 mai 1979 dans la même région montrent qu'il y avait alors une couche sursaturée entre 0 et 3 m (plus de 150% et 7 ml/l) et qu'ensuite les concentrations entre 3 et 5 m diminuent très rapidement pour atteindre des conditions proches de l'anoxie au voisinage du fond (Fig. 12B). Ces résultats correspondent à de fortes productions phytoplanctoniques et peuvent faire envisager des évolutions préoccupantes

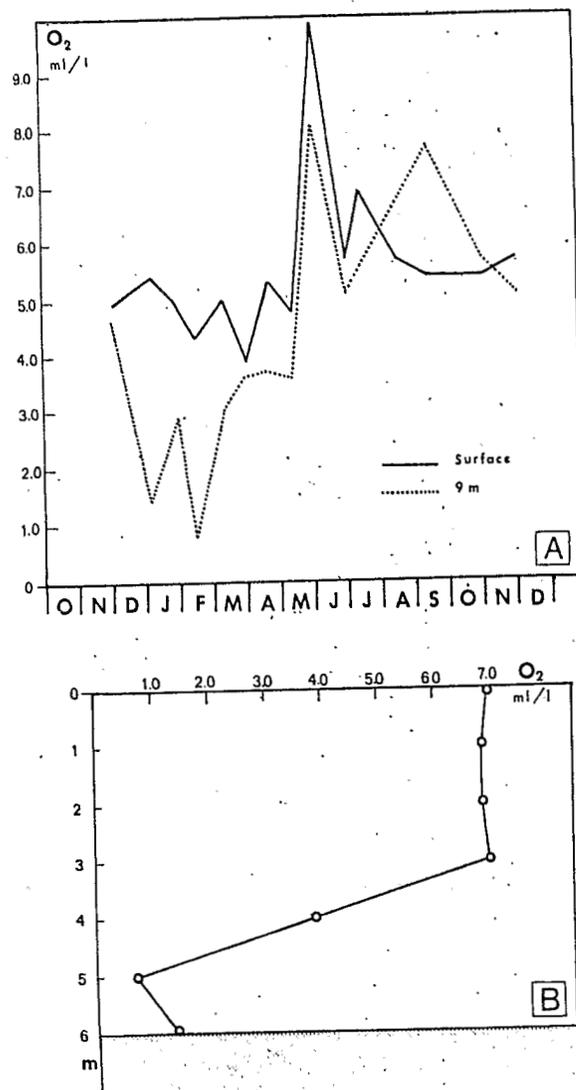


Fig. 12. A: Variation saisonnière de la teneur en oxygène dissous en surface et près du fond en zone dessalée (Ouest de la lagune Ebrié) (données de Pagès et al., 1979). B: Distribution verticale de l'oxygène dissous au même endroit le 25 mai 1979.

— comme ce fut le cas entre février et mai 1979 — pendant lesquelles la désoxygénation peut devenir de plus en plus marquée, entraînant soit directement, soit indirectement des déséquilibres biologiques et des mortalités d'organismes. Ces évolutions sont accentuées par l'existence d'un cycle nycthéral déjà évoqué (cf. Fig. 9) d'autant plus accusé que la communauté vivante est importante (Dufour et Slepoukha, 1975).

En lagune Aby, il faut noter l'existence de vastes zones anoxiques permanentes à H<sub>2</sub>S qui occupent plus du quart de la lagune, soit toutes les zones centrales dès que la profondeur y dépasse 5–6 m.

#### Les sels nutritifs (d'après Pagès et al., 1979)

**Phosphate minéral dissous:** Les concentrations sont généralement comprises entre 0,3 et 1,4  $\mu\text{atg/l}$ . En lagune Ebrié, pour toutes les régions comprises à l'est de l'Agnéby et donc influencées soit par les rivières (Agnéby, Mé, Comoé) soit par la marée on observe des valeurs minimales durant l'étiage et plutôt plus élevées pendant le second semestre. Dans les régions dessalées de l'ouest, la tendance est inverse avec un maximum de saison sèche et une décroissance progressive en saison des pluies et de crue. Les extrémités est et ouest de la lagune sont plus pauvres (moins de 0,5  $\mu\text{atg/l}$ ) que le secteur central (près de 1  $\mu\text{atg/l}$ ).

Certaines baies sont nettement plus riches que le chenal central. Le Comoé apparaît plus pauvre que le chenal central en saison sèche, de richesse identique en saison des pluies et de crue.

Les zones anoxiques comportent des teneurs en phosphates très élevées, c'est le cas de la baie d'Abou Abou (à l'est d'Abidjan) et de la cuvette centrale de la lagune Aby: plus de 20  $\mu\text{atg/l}$  en mars et plus de 30 en juillet 1975.

**Nitrate dissous.** L'extrémité occidentale de la lagune Ebrié semble épuisée toute l'année. Le reste de la lagune présente des variations saisonnières avec des teneurs minimales à l'étiage et maximales en saison des pluies. Les teneurs de surface en saison sèche sont partout inférieures à 2  $\mu\text{atg/l}$ . A l'est de l'Agnéby, la saison des pluies conduit à un enrichissement et les teneurs moyennes sont de 10  $\mu\text{atg/l}$ . A l'est d'Abidjan on observe une stratification verticale toute l'année.

**Nitrite.** Les teneurs en nitrite sont maximales entre l'Agnéby et Abidjan et décroissent de part et d'autre. Les teneurs maximales s'observent en début de saison des pluies.

“A l'ouest de l'Agnéby, les eaux dessalées sont donc caractérisées par des eaux très pauvres en sels nutritifs, particulièrement en nitrates. On peut supposer qu'il y a un recyclage très rapide de sels nutritifs et une reminéralisation bactérienne très forte qui est favorisée par les températures élevées observées toute l'année (29°C), alors que les apports terrigènes doivent être relativement faibles dans cette région. L'appauvrissement général en fin de période de crue (novembre-décembre) et l'accrois-

semement des concentrations en début de saison des pluies (avril-mai) s'explique par le fait que les eaux d'écoulement et de drainage entraînent avec elles les éléments nutritifs accumulés sur terre au cours de la saison sèche. Cet apport terrigène est amplifié par la présence de nombreuses plantations dont les engrais sont partiellement entraînés par les pluies. En saison des pluies la richesse est équivalente à celle d'une eau de mer riche d'"upwelling" (Lemasson, 1975).

### Chlorophylle *a* et production primaire

La biomasse végétale, estimée par les concentrations en chlorophylle *a*, est dans l'ensemble très élevée: dix fois plus en moyenne que celle trouvée à la station côtière d'Abidjan alors que cette région est riche avec l'établissement d'un upwelling intense entre juillet et octobre (Maurer, 1978).

Dans le chenal central on observe qu'en moyenne la biomasse végétale croît avec la stabilité et elle augmente donc avec l'éloignement du canal de Vridi, à l'ouest comme à l'est (Pagès et al., 1979). Au-delà de l'Agnéby les moyennes annuelles approchent 15 mg/m<sup>3</sup> et dépassent 35 mg/m<sup>3</sup> à l'extrémité ouest<sup>3</sup>. Dans la région d'Abidjan et dans les zones adjacentes les moyennes annuelles sont proches et de l'ordre de 7 mg/m<sup>3</sup>. Les lagunes Adjin et Potou sont plus riches avec une moyenne de 17 mg/m<sup>3</sup>. D'une façon générale, les rivières sont plus pauvres que le chenal central et les baies sont plus riches.

Sur l'ensemble du chenal central, le maximum a toujours lieu en fin de saison des pluies. A l'est de l'Agnéby le milieu semble ensuite s'appauvrir en phytoplancton et la saison des crues est généralement la plus pauvre. Dans les régions dessalées de l'ouest les variations saisonnières sont moins nettes et les concentrations plus stables.

Les variations de la biomasse végétale à l'est de l'Agnéby suivent en fait celles des sels nutritifs et le maximum qui a lieu au début de la saison des pluies se superpose à l'arrivée massive des eaux de ruissellement. Ensuite, les sols sont lessivés, donc pauvres en sels nutritifs et la poussée végétale décroît (Lemasson, 1975).

Les dosages de chlorophylle *a* concernant les deux autres lagunes sont peu nombreux, on peut cependant noter que le secteur ouest de la lagune de Grand Lahou et la région orientale de la lagune Aby (lagune Ehy) présentent saisonnièrement des concentrations aussi élevées que la région la plus riche de la lagune Ebrié.

Les populations phytoplanctoniques des eaux dessalées de l'ouest de la lagune Ebrié sont dominées par les Cyanophycées et très stables toute l'année (Maurer, 1978). La zone sous influence marine est plus pauvre et la composition des peuplements peut varier fortement au cours du cycle annuel. Les variations de la production primaire confirment celles de la chlorophylle *a*: production maximale en fin de saison sèche et minimale en saison des crues. A l'extrémité ouest de la lagune Ebrié la production primaire (production

<sup>3</sup> La chlorophylle *a* a été dosée par fluorescence et les valeurs ne sont pas corrigées des pigments dégradés.

brute) oscille autour de 300 mg de Carbone/h par m<sup>3</sup>; pour toutes les régions à l'est de l'Agnéby la moyenne annuelle est beaucoup plus faible, de l'ordre de 50 mg C/h par m<sup>3</sup> (Pagès et al., 1979).

Une mention particulière doit être faite pour la production primaire du microphytobenthos (Plante-Cuny, 1977): celui-ci peut être présent jusqu'à 5 m de profondeur et les teneurs en chlorophylle *a* peuvent être notables sur plusieurs centimètres d'épaisseur de sédiment suivant l'agitation de l'eau sus-jacente. La production primaire est en moyenne de 29 mg C/m<sup>2</sup> par heure entre 0 et 2 m au début de la saison des pluies. Dans les petits fonds la chlorophylle *a* benthique est plus importante que la chlorophylle *a* planctonique.

### ASPECTS DES PRODUCTIONS SECONDAIRES ET TERMINALES

Nous regroupons ici sous l'appellation de "productions secondaires et terminales" tous les niveaux trophiques non primaires qui dépendent, directement ou indirectement, de la production primaire. Ce n'est pas le lieu ici d'opérer une classification détaillée des niveaux de production en fonction du nombre d'échelons antérieurs et postérieurs. Seront définis ici comme faisant partie de la production secondaire tous les niveaux susceptibles de faire l'objet d'une prédation naturelle dans l'écosystème lagunaire (ce qui exclut l'homme) et comme niveaux de production terminale tous ceux qui ne subissent pas de prédation naturelle et/ou sont exploités directement par l'homme. Nous passerons successivement en revue le zooplancton, le benthos (y compris certains crustacés nageurs) et les poissons.

#### Le zooplancton

Nos connaissances du zooplancton lagunaire se résument actuellement à deux travaux: celui de Rahm (1964) qui a dressé un tableau faunistique général et un premier aperçu des variations spatiotemporelles; d'autre part celui de Le Borgne et Dufour (1979) qui ont récemment abordé les estimations de production du mésozooplancton lagunaire.

Le copépode *Acartia clausi* domine dans la plupart des stations, quelle que soit la salinité, et peut représenter la quasi-totalité des effectifs récoltés. En saison sèche, l'influence marine se traduit par la présence d'organismes marins: Copépodes, Cladocères (*Penilia*, *Evadne*, etc.), Appendiculaires, Hydroméduses, Chaethognathes, etc. C'est l'époque de la diversité maximale. La saison de crue du Comoé va de pair avec une présence significative de Cladocères continentaux: *Moina*, *Diaphanosoma*, *Bosminopsis*, etc. Les Rotifères peuvent représenter des effectifs importants aussi bien en milieux dessalés que dans les baies plus ou moins polluées de la région d'Abidjan. (L. Saint-Jean, comm. pers., 1980). Notons enfin qu'une proportion notable du zooplancton récolté est constituée de larves et d'oeufs de poissons et de décapodes (Penaeides et Brachyours).

L'étude préliminaire de Le Borgne a porté sur l'excrétion et la production

du mésozooplancton (taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ ) à partir de mesures des biomasses et des taux métaboliques (excrétion totale d'azote et de phosphore, respiration). La variabilité des mesures est particulièrement élevée, on peut cependant noter plusieurs résultats intéressants:

- les valeurs de biomasse par  $\text{m}^3$  sont proches — ou même dépassent — celles des milieux marins du golfe du Guinée;
- rapportées à la richesse en chlorophylle et en particules, elles sont cependant relativement faibles;
- les valeurs de production d'azote sont très hétérogènes mais elles sont beaucoup plus élevées que celles du milieu marin: 1,5  $\text{mg}/\text{m}^3$  par jour contre 0,2 à 0,3 dans le golfe de Guinée;
- d'où des valeurs de productivité journalière très élevées (Production journalière/Biomasse compris entre 0,4 et 0,8 alors que le rapport est proche de 0,25 dans le milieu marin) qui correspondent à des temps de renouvellement de la biomasse de 1,2 à 2,5 jours.

Ces premiers résultats devront être prolongés et confirmés par une étude approfondie prenant en compte les variations spatio-temporelles de biomasse du zooplancton; on peut cependant noter que ces valeurs élevées de productivité semblent d'ores et déjà confirmées par les premières observations sur la durée de développement et la croissance d'*Acartia* (L. Saint-Jean, comm. pers., 1980).

Une fois confirmées et précisées les évaluations de production zooplanctoniques — en tenant compte en particulier de la production du zooplancton de taille inférieure à 200  $\mu\text{m}$ , négligée lors de cette étude préliminaire — leur intégration dans les chaînes trophiques permettra de juger de l'efficacité des transferts entre production primaire et zooplancton herbivore d'une part, entre zooplanctonophages (*Ethmalosa*, etc.) et zooplancton d'autre part.

### Le benthos

Pour la clarté de l'exposé, nous présenterons les aspects généraux de nos connaissances actuelles sur le benthos lagunaire en réservant pour la seconde partie les résultats concernant les crabes et les crevettes qui représentent l'essentiel de la faune benthique exploitée en lagune.

#### Peuplements benthiques

L'étude des peuplements benthiques est actuellement en cours pour la lagune Ebrié et seuls les mollusques ont jusqu'à présent fait l'objet d'observations répétées. Ceux-ci dominant très largement — tant en biomasse qu'en effectifs — viennent ensuite les polychètes et les crustacés; les oligochètes et les némerthes sont communs sans être abondants; enfin, géphyriens et brachiopodes ne se rencontrent que dans la zone sous influence marine (Zabi, 1979). Les biomasses en mollusques représentent plus de 95% du total, les crustacés (non exploités) ne constituent que 1-2% et les autres groupes ont une importance quantitative négligeable. L'absence totale d'échinodermes est remarquable.

Binder (1968) a étudié les facteurs de répartition: le rôle de la température est secondaire et trois influences principales peuvent gouverner la répartition des organismes benthiques: nature des sédiments, oxygénation et salinité. Les sédiments lagunaires varient du sable pur à la vase organique avec tous les intermédiaires possibles, les plus riches en matière organique se rencontrant dans la région d'Abidjan; la nature du substrat est déterminante pour les lamellibranches, elle joue en revanche un rôle moins important pour la plupart des gastéropodes. L'oxygène détermine la répartition bathymétrique et seules quelques dépressions où règnent les conditions d'anoxie sont complètement azoïques. La salinité est, en première analyse, le facteur de répartition le plus important et détermine quatre catégories suivant le degré d'euryhalinité. Enfin, il est probable que les écarts entre les teneurs en calcium des eaux marines et des fleuves peuvent jouer un rôle appréciable.

Rancurel (1971) a étudié les tarets de Côte d'Ivoire. Ces lamellibranches d'origine marine s'attaquent aux matières ligneuses et peuvent causer — suivant les conditions de milieu — d'énormes dégâts. Deux espèces surtout peuvent être rencontrées. *Bankia bagidaensis* préfère des eaux mixo-polyhalines<sup>4</sup> — entre 16 et 35‰ — et ses larves ne peuvent se fixer lorsque la salinité descend au-dessous de 10‰. *Teredo petiti* en revanche est malheureusement beaucoup mieux adapté aux milieux lagunaires: sa plage de salinité préférentielle se situe entre 3 et 10‰ soit des eaux mixo-mesohalines et mixo-oligo-halines, mais on peut le rencontrer dans le bas cours des fleuves jusqu'aux premiers seuils rocheux du Bandama et du Comoé. Le canal de Vridi a certainement joué un rôle négatif en favorisant l'installation de *B. bagidaensis*.

Il faut souligner l'importance tout à fait exceptionnelle d'un petit lamellibranche (taille maximale 21 mm, d'après Gomez, 1978), *Corbula* (= *Aloïdis*) *trigona*, qui est extrêmement abondant dans tous les petits fonds des secteurs occidentaux dessalés: 11.000-16.000 individus par  $\text{m}^2$  (Gomez, 1978). Dans cette région, les *Corbula* constituent la nourriture presque exclusive des *Chrysichthys* et interviennent notablement dans le régime alimentaire de plusieurs autres: *Tylochromis*, *Pomadasy*, *Elops*, etc. Les recherches entreprises tendent, comme pour le zooplancton, à évaluer les rapports P/B des proies benthiques et de leurs prédateurs afin d'estimer l'efficacité des transferts pour certaines chaînes alimentaires importantes.

#### Les crustacés exploités

Crabes et crevettes sont abondants et font l'objet de pêches très actives.

Les crabes *Callinectes latimanus* sont très communs en lagune Ebrié; cette abondance semble devoir être reliée au percement du canal de Vridi et aux conditions de salinité qui en ont résulté. Cette hypothèse est confirmée par les témoignages des pêcheurs pour lesquels les crabes représentent tout à la fois une ressource appréciable (captures totales de l'ordre de 1.000 tonnes en

<sup>4</sup> Suivant la classification du symposium de Venise (1958) qui sera utilisée dans la suite de ce travail. (Anonyme, 1959)

1975 et 1976, E. Charles-Dominique et S. Hem, comm. pers., 1980) et une nuisance notable car les crabes déchirent les filets et peuvent attaquer les poissons capturés par les engins individuels. Une autre confirmation est fournie par les observations faites en lagune Aby où les *Callinectes* sont loin d'être aussi communs qu'en lagune Ebrié alors que les eaux y sont nettement plus oligohalines.

On observe une seule période de ponte annuelle, durant la grande saison sèche et dans des régions de la lagune où la salinité est supérieure à 20‰. Il se produit alors une migration massive des femelles ovigères depuis les eaux dessalées. La fécondité très élevée ( $2 \cdot 10^6$  oeufs en moyenne pour une femelle ayant une largeur de carapace de 12 cm) explique en partie le maintien d'un stock de *Callinectes* important malgré des captures très élevées. Les mâles adultes semblent avoir une répartition différente de celle des femelles et on les rencontre surtout dans des eaux oligo ou mesohalines (S. Hem, comm. pers., 1980).

Parmi les crevettes, on trouve deux espèces au moins de Palaemonidae du genre *Macrobrachium*: *M. macrobrachion* et *M. vollenhovenii*; la seconde est la plus commune, tout en restant très éloignée, en terme de captures totales, de *Penaeus* et de *Callinectes*. Les pêches sont saisonnières et localisées aux régions dessalées et à l'embouchure des fleuves, le maximum étant atteint en fin de saison des pluies. C'est dans les rivières que l'on peut capturer les plus gros individus. D'après Ville (1970) le cycle de développement pourrait être le suivant: les adultes vivent en eau douce, la fécondation se produit en particulier à la saison des pluies et il y a migration des adultes vers les eaux saumâtres, près desquelles se produit la ponte (Fig. 13). Les larves gagnent les milieux saumâtres indispensables à leur développement. Les post-larves gagneront ensuite les rivières où elles deviendront des adultes sexuellement mûrs.

Contrairement aux *Macrobrachium*, la pénaeide *Penaeus duorarum* est particulièrement bien connue après les travaux de Galois (1975) et Garcia (1976). La reproduction de *Penaeus* a lieu en mer (Fig. 13) et la ponte dure toute l'année, le recrutement postlarvaire dans la lagune passe cependant par 4 à 5 maximums annuels dont le plus marqué se situe de septembre à janvier. En lagune, les juvéniles recherchent les apports d'eau douce et les sédiments fins organiques. Dans l'autre sens, les variations saisonnières de migration des juvéniles vers la mer sont liées au cycle de reproduction et aux facteurs externes qui le gouvernent: les pics de migration se produisant au moment des crues, lorsque la salinité est la plus faible et les courants les plus rapides.

L'exploitation des crevettes en lagune s'effectue au moyen de filets fixes installés la nuit à marée descendante dans les régions où les fonds ne sont pas trop importants et le courant de marée encore sensible. Plusieurs centaines de tonnes sont ainsi capturées chaque année essentiellement en lagune Ebrié. Le modèle de gestion mis au point par Garcia (1976) tient compte du fait que l'exploitation s'exerce à deux niveaux: par la pêche artisanale en lagune lors de la migration des juvéniles vers la mer et par la pêche industrielle des immatures et des adultes en mer.

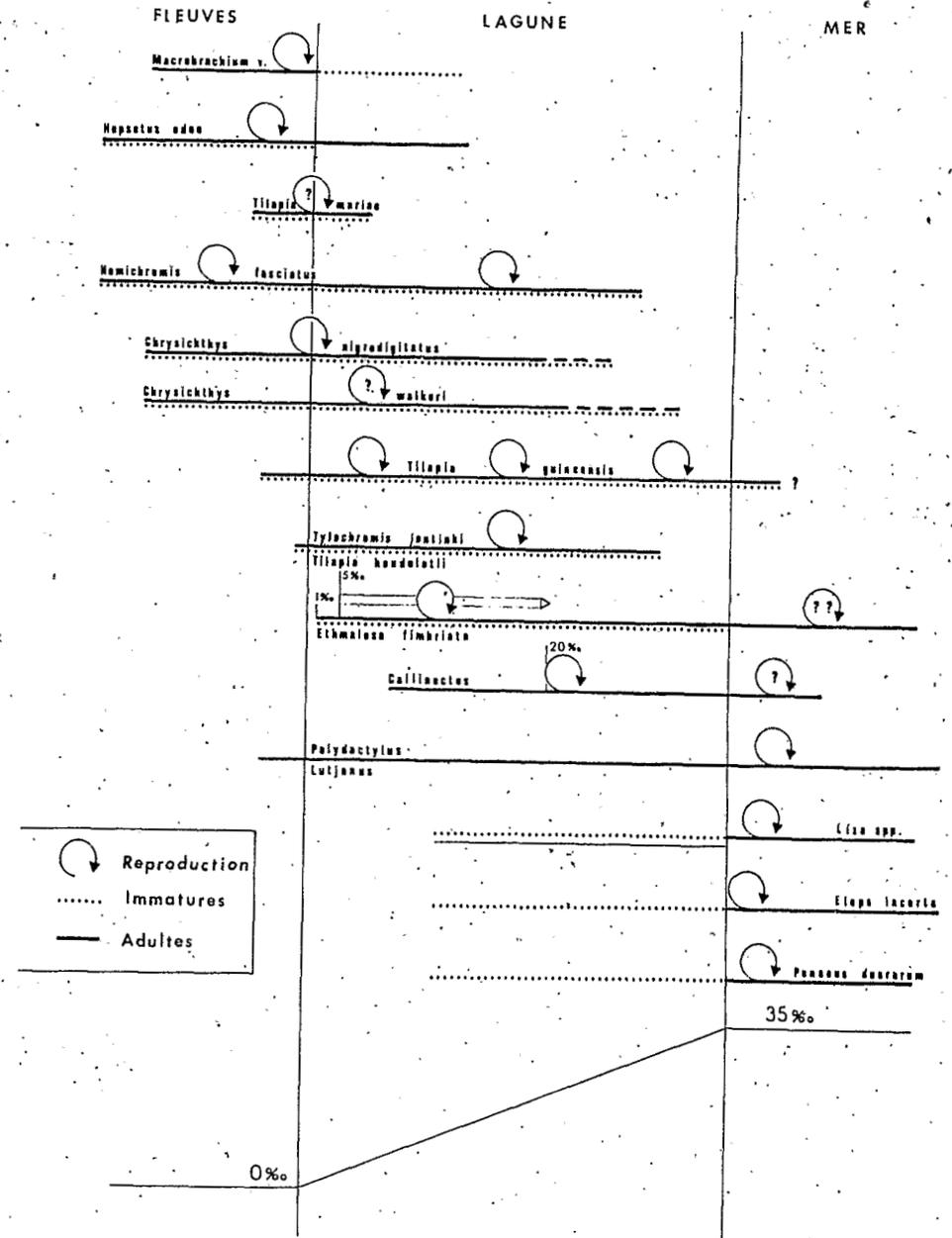


Fig. 13. Quelques schémas caractéristiques de cycle biologique de poissons et crustacés passant tout ou partie de leur vie en milieu mixohalin.

Le Tableau III indique les captures totales respectives des deux pêcheries entre 1969 et 1976. On voit que les captures de la pêche lagunaire représentent sur ces 8 années plus de la moitié des captures totales.

L'évolution théorique de la prise totale en fonction de l'évolution du taux d'exploitation lagunaire et de l'effort de pêche en mer montre que toute réduction de la pêche en lagune se traduit par une diminution des captures totales effectuées en mer et en lagunes (García, 1976).

TABLEAU III

Captures annuelles de *Penaeus duorarum* capturées en Côte d'Ivoire

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Mer	490	620	700	480	460	280	390	480
Lagunes	290	310	630	480	510	640	780	600
Total	780	930	1330	960	970	920	1170	1080

### Les poissons

La faune ichtyologique des lagunes est assez bien connue et comporte plus d'une centaine d'espèces. Ce chiffre relativement important recouvre en fait trois catégories hétérogènes: les espèces marines littorales et euryhalines qui pénètrent saisonnièrement ou accidentellement en lagunes; les formes estuariennes qui vivent habituellement en milieu mixohalin; les formes continentales qui ne sont rencontrées qu'occasionnellement en lagune et qui peuvent y pénétrer lors de l'adoucissement provoqué par les crues fluviales (Daget et Ittis, 1965). Cette classification schématique peut être précisée en tenant compte de critères bioécologiques ayant trait aux écophases et à la reproduction. On aboutit alors à une diversification plus prononcée. La Fig. 13 illustre ce propos pour un certain nombre d'espèces choisies pour leur importance actuelle dans les pêches lagunaires et/ou leur intérêt potentiel en aquaculture ainsi que quelques espèces dont les cycles semblent particuliers; l'amplitude des salinités tolérées ou recherchées n'a été indiquée qu'à titre indicatif et demanderait à être précisée dans la plupart des cas.

**Espèces estuariennes "vraies".** Toute l'existence — et particulièrement la reproduction — se déroule en milieu mixohalin. Il s'agit d'espèces très euryhalines dont l'exemple le plus représentatif pourrait être — dans l'état actuel de nos connaissances — *Tylochromis jentinki*, l'un des Cichlidae les plus communs (J.B. Amon, comm. pers., 1981). Deux autres Cichlidae très communs, *Tilapia heudelotii* et *T. guineensis*, peuvent être rapprochés de ce type, cependant *T. guineensis* semble plus euryhalin encore puisqu'il est rencontré depuis les eaux pratiquement douces jusqu'aux eaux marines. *Tilapia mariae*, plus rare, semble avoir une position tout à fait particulière puisqu'on ne le ren-

contre que dans la zone de contact entre les eaux saumâtres et les bas cours des fleuves (Fig. 13).

**Espèces continentales estuariennes.** Poissons d'origine continentale qui peuvent être très euryhalins et supporter des salinités élevées: ils sont très communs, aussi bien en eaux douces fluviales qu'en eaux mixohalines mais leur reproduction s'effectue en eaux douces ou très faiblement saumâtres. C'est le cas des "mâchoirons": *Chrysichthys nigrodigitatus* et *C. walkeri*. On peut rapprocher de ce groupe deux prédateurs: *Hepsetus odoe* et *Hemichromis fasciatus*. Tous deux pénètrent largement en lagune mais alors qu'*H. odoe* est assez rare et moins euryhalin, *H. fasciatus* est constamment rencontré et se reproduit en eaux saumâtres. Une mention spéciale doit être faite pour *Heterotis niloticus* qui est une forme soudanienne typique qui ne faisait pas partie de la faune naturelle des fleuves côtiers de Côte d'Ivoire. Après l'introduction tentée à partir de 1958—1960, il semble que cette espèce se soit bien acclimatée et il n'est pas rare de la rencontrer en lagunes Aby et Ebrié où elle est bien connue des pêcheurs pour des salinités atteignant 5‰.

**Espèces marines estuariennes.** Formes d'affinités nettement marines ne passant qu'une partie de leur existence dans les lagunes. Dans la majorité des cas, il s'agit d'espèces se reproduisant en mer près des côtes et dont la phase juvénile seule vit dans les eaux mixohalines. *Elops lacerta*, *Polydactylus quadrifilis*, *Trachinotus falcatus*, *Liza falcipinnis*, *Lutjanus dentatus*, *Sphyraena piscatorum* peuvent être donnés comme exemples d'espèces de ce type. Notons qu'à l'intérieur de ce groupe des distinctions supplémentaires devraient être opérées en tenant compte du degré d'euryhalinité (certaines espèces évitent les eaux tout à fait douces, alors qu d'autres y pénètrent parfois), de la rencontre improbable d'adultes en lagune (*Elops*, Hie Dare, comm. pers., 1981) ou, au contraire, éventuelle (*Liza*) etc.

Comme toute classification, celle-ci est schématique et certaines espèces sont difficiles à situer et n'entrent vraiment dans aucune des catégories précédentes. C'est particulièrement le cas d'*Ethmalosa fimbriata* qui constitue le tonnage le plus important pour les pêches lagunaires. Espèce très euryhaline (35 à 1‰) d'origine marine, elle semble proche du groupe que nous venons d'évoquer puisqu'en lagune Ebrié les jeunes se rencontrent dans toute la lagune et qu'au-delà d'une longueur à la fourche de 19—20 cm en moyenne les adultes migrent en mer. Cependant il y a une différence fondamentale puisque la première reproduction des Ethmaloses s'effectue en lagune pour des salinités supérieures à 5‰ (Gerlotto, 1979).

La biologie des espèces les plus communes (*Ethmalosa fimbriata*, *Tylochromis jentinki*, *Elops lacerta*, *Tilapia heudelotii* et *T. guineensis*, *Chrysichthys nigrodigitatus* et *C. walkeri*) est actuellement en cours d'étude et porte sur les aspects classiques de croissance, reproduction et fécondité, position trophique et migrations.

Les pêcheries artisanales lagunaires ont été décrites pour la première fois par Briet (1965) qui dénombrait huit catégories d'engins ou de techniques — elles-même modulées en une trentaine de variantes — dont les principales étaient les filets maillants, les sennes, les nasses, les pêcheries fixes (pièges), les lignes et les éperviers. Cette variété était l'indice de systèmes de récoltes bien adaptés au milieu naturel et supposait une connaissance approfondie de l'écologie et du comportement des espèces recherchées. L'évolution récente se traduit par un renoncement à certaines des techniques de pêche individuelle et par une importance décroissante des captures globales dues aux engins individuels par rapport à celles des engins collectifs (sennes). Verdeaux (1979) a montré que cette évolution correspond à l'installation récente des grands filets qui sont mis en oeuvre par des pêcheurs allochtones qui accaparent de plus en plus l'espace lagunaire au détriment des riverains autochtones, pêcheurs individuels.

La répartition des engins de pêche dépend tout à la fois de contraintes techniques et de paramètres sociologiques. C'est ainsi que les sennes de plage ne peuvent pêcher partout: ces filets mesurent en moyenne 1000 m et ne peuvent être mis en oeuvre sur n'importe quel type de fond. Par ailleurs, le filet est en général ramené et tiré dans des zones peu profondes donc depuis la rive ou depuis les hauts fonds. De plus, les pêcheurs riverains s'opposent souvent à leur installation car ils entrent en concurrence avec leurs techniques individuelles. Ce contexte complexe a pour conséquence une répartition a priori surprenante des grands filets: en lagune de Grand Lahou, il n'y en a aucun et les captures sont toutes basées sur les engins individuels. En lagune Ebrié les sennes tournantes sont pratiquement toutes concentrées dans la région d'Abidjan (Fig. 14B) alors que les sennes de plage se trouvent essentiellement dans les régions dessalées de l'ouest entre le canal d'Assagny et Dabou. Dans ces régions très productives, le conflit entre pêches individuelles et collectives est particulièrement marqué et les sennes de plage ne peuvent être posées que dans une partie de la moitié sud du chenal central (Fig. 14B). En lagune Aby enfin, les sennes sont présentes partout et la pêche individuelle est relativement peu importante.

L'étude des pêcheries a été tout d'abord consacrée à la lagune Ebrié. Après un recensement préliminaire exhaustif (1973—1974) il n'a été retenu pour l'étude quantitative que les pêcheries correspondant à des captures totales significatives soit, par ordre d'importance approximative, les sennes de plage, les sennes tournantes, les filets maillants à petites mailles, les filets maillants à grandes mailles, les lignes et les éperviers. Pour chacun des engins les enquêtes réalisées permettent d'évaluer la prise par unité d'effort, le taux d'utilisation et l'effort de pêche. La combinaison de ces divers paramètres conduit à l'estimation des captures totales pour les principales espèces et les principales pêcheries. Au plan méthodologique, la pêche collective est bien appréhendée et des chaînes de traitement automatique sont utilisées (Ecoutin, 1978); la pêche individuelle, hétérogène, dispersée et relativement moins importante reste difficile à cerner en ce qui concerne l'effort de pêche.

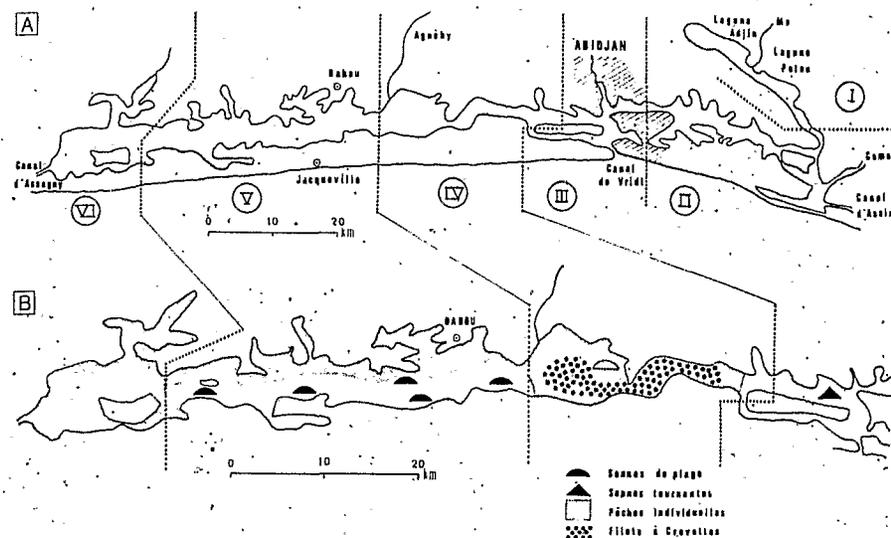


Fig. 14. A: Secteurs de la lagune Ebrié (cf. texte).

B: Répartition des principales activités de pêche en lagune Ebrié dans le secteur central et à l'ouest d'Abidjan (dans la zone orientale, les pêches sont moins importantes et plus dispersées).

Le Tableau IV est extrait de Durand et al. (1978) et rassemble les résultats obtenus en 1977, première année pour laquelle des estimations globales ont pu être faites<sup>5</sup>. Sur les 6.700 tonnes capturées, 72% proviennent de deux régions distinctes: d'une part une pêcherie basée sur les sennes tournantes qui prend de l'importance et répartit ses activités aussi bien en lagune (2.360 tonnes dont 600 de poisson "marin") qu'en mer (2.550 tonnes) (région d'Abidjan); d'autre part une région d'eaux dessalées à l'ouest de l'Agnéby au peuplement typiquement estuarien où plusieurs pêcheries se superposent (sennes de plage et filets maillants à petites mailles surtout) et capturent près de 2.500 tonnes. Pour l'ensemble de la lagune, l'importance de la pêche individuelle semble se maintenir, avec 25—30% des captures totales.

L'abondance respective des diverses espèces dans les captures totales, a été estimée à partir des résultats des principales pêcheries (Tableau IV). Après les ethmaloses (plus de 60%) on trouve cinq espèces — ou groupes d'espèces — totalisant chacun 300—400 tonnes, soit 4—6% de la production globale: dans l'ordre *Tilapia* spp., *Elops*, *Chrysichthys* spp., *Tylochromis* et *Sardinella*. Les 15% restants se distribuent entre sept espèces ou genres encore communs — dont 5 estuariens: *Gerres*, *Trachinotus*, *Pomadasys*, *Polydactylus* et *Liza* — et 4% de divers. Il faudrait en fait tenir compte aussi de la valeur commerciale

<sup>5</sup> Dans le cas de la lagune Ebrié, les circuits commerciaux sont relativement simples et les quantités de poisson commercialisées ont été aussi calculées. L'estimation faite par cette deuxième méthode, indépendante de la première, conduit à un chiffre comparable.

TABLEAU IV

Les principales espèces capturées dans les pêcheries de la lagune Ebrié en 1977

Espèces	Filets maillants		Sennes		Lignes	Eper- viers	Total	
	Petites	Grandes	Tourn.	Rivage			Tonnes	%
<i>Ethmalosa</i>	1010		1740	1360			4110	61,3
<i>Tilapia</i> spp.				153	6	252	411	6,1
<i>Elops</i>	188		11	173			372	5,5
<i>Chrysichthys</i> spp.	53			198	57	30	338	5,0
<i>Tylochromis</i>				230		58	288	4,3
<i>Sardinella</i>			285				285	4,2
<i>Chloroscombrus</i>			153				153	2,3
<i>Anchoviella</i>			133				133	2,0
<i>Gerres</i> spp.	22			90			112	1,7
<i>Trachinotus</i>		50		50	6		106	1,6
<i>Pomadasys</i>			10	58	5		73	1,1
<i>Polydactylus</i>	43				5		48	0,7
<i>Liza</i> spp.	28						28	0,4
Divers	45	13	30	130	10	25	253	3,8
Total	Tonnes 1389 63		2362	2442	89	365		
	% 20,7 0,9		35,2	36,5	1,3	5,4		

respective, qui détermine fortement le comportement des pêcheurs: ce sont alors les *Chrysichthys* qui représentent la plus grande valeur économique, suivis des carpes (*Tilapia* et *Tylochromis*); les ethmaloses n'arrivant de ce point de vue qu'en quatrième position.

Nous n'avons pas encore suffisamment de recul pour dégager des tendances d'évolution à partir de statistiques disponibles depuis 1975 (pour certains aspects seulement) et il est nécessaire d'avoir encore deux à trois années d'observations supplémentaires avant d'essayer de bâtir des modèles d'exploitation rationnelle. Il est néanmoins manifeste qu'il existe des indices préoccupants; baisse des prises par unité d'effort et des captures totales de certains engins individuels par exemple. Ces indices reflètent peut-être les effets de l'excessive diminution des mailles des sennes tournantes et des sennes de rivage qui va de pair avec des destructions excessives de juvéniles.

Seule la lagune Ebrié a jusqu'à présent fait l'objet d'enquêtes suivies permettant d'évaluer l'importance des captures annuelles. Les premières observations sur les pêches en lagune Aby semblent démontrer que cette lagune de 430 km<sup>2</sup> plus oligohaline que la lagune Ebrié, est très productive, malgré la présence de zones d'anoxie dans les fonds les plus importants. En première approximation on peut estimer à 15 à 20.000 tonnes les captures de poissons faites actuellement dans l'ensemble des lagunes de Côte d'Ivoire.

## DISCUSSION

Deux aspects méritent d'être soulignés à partir des observations exposées ci-dessus: l'hétérogénéité des milieux lagunaires et leur richesse non moins évidente.

*Hétérogénéité intra et inter lagunaire*

L'influence plus ou moins marquée des eaux continentales, leur rythme d'arrivée et l'intrusion profonde des eaux marines, qui sont amplifiées ou amorties par les variations morphologiques locales, modèlent l'environnement lagunaire. Celui-ci ne peut être considéré comme un tout homogène ainsi que l'atteste l'exemple de la lagune Ebrié, qui est tout à la fois la mieux connue, la plus modifiée par l'homme et la plus hétérogène. Deux phénomènes essentiels déterminent le caractère principal de la zonation:

— *l'ouverture de Vridi* qui s'inscrit au droit d'Abidjan. C'est d'elle que provient toute l'influence marine depuis la fermeture de la passe de Bassam. Contrairement à cette dernière, c'est une ouverture permanente et vaste et l'influence de la marée se fait sentir, au moins par ses effets mécaniques, avec retard et amortissement jusqu'aux extrémités est et ouest du système Ebrié. Notons que le canal de Vridi est trois fois plus distant du canal d'Assagny que de l'ancienne passe de Bassam, d'où une dissymétrie certaine (Fig. 14A).

— *les apports d'eaux continentales* sont constitués pour les deux tiers de ceux du Comoé. Celui-ci débouche à l'extrémité orientale et c'est là aussi l'origine d'une dissymétrie spatiale à laquelle s'ajoute la fluctuation saisonnière très marquée de la crue annuelle.

Ces deux traits dominants, associés à la morphologie très allongée du système et à l'existence de deux rivières à régime "équatorial" permettent déjà d'effectuer une première zonation qui n'est basée que sur des critères morphologiques et hydrologiques:

(a) de l'Agnéby au Comoé, régions "estuariennes" soumises à l'influence marine. Il ne s'agit pas d'un ensemble homogène, la zone estuarienne proprement dite étant celle d'Abidjan (secteur III, Fig. 14); les deux zones adjacentes (secteurs II et IV) ayant chacune leur caractère propre: à l'ouest d'Abidjan l'influence du Comoé est très atténuée par rapport au secteur II qui constitue un prolongement du fleuve durant les mois de crue.

(b) de l'Agnéby au canal d'Assagny, secteurs V et VI, zones a priori beaucoup plus stables et oligohalines car l'influence marine y est très amortie et les apports d'eau douce réduits.

(c) il faut enfin considérer séparément le diverticule des lagunes Potou et Adjin, cette dernière en particulier se rapprocherait plutôt de la catégorie précédente des eaux stables soustraites aux influences marines.

Cette classification préliminaire se trouve pleinement confirmée quand on prend aussi en compte les paramètres physico-chimiques, la production primaire et les activités de pêche et l'on peut alors caractériser les secteurs de la lagune Ebrié de la façon suivante.

*Secteur I: lagunes Adjin et Potou (43 km<sup>2</sup>).* La lagune Potou est peu profonde et connaît des variations de salinité appréciables; la lagune Adjin, en revanche, atteint 10 m de profondeur et représente un milieu très stable d'eaux presque douces. Les teneurs en chlorophylle *a* sont élevées (17 mg/m<sup>3</sup>) et il y a peu de phosphate minéral dissous (0,5 µatg/l). Les activités de pêche sont très réduites.

*Secteur II: de Bassam à Abidjan (87 km<sup>2</sup>).* Cette portion orientale de la lagune Ebrié est caractérisée par son instabilité saisonnière car tout entière soumise aux crues du Comoé qui la balaient entièrement d'août à novembre. Il en résulte des variations saisonnières de salinité très notables: de 0 à 20‰ (eaux oligo et mesohalines). Les moyennes annuelles de concentration de chlorophylle *a* sont relativement faibles (7 mg/m<sup>3</sup>) et l'on trouve environ 1 µatg/l de phosphate. Les activités de pêche sont assez dispersées, on note toutefois des pêches de crevettes, liées à des courants de marée appréciables.

*Secteur III: la région d'Abidjan (40 km<sup>2</sup>).* C'est le secteur estuarien typique caractérisé par les pulsions biquotidiennes de la marée, des gradients verticaux de salinité permanents plus ou moins marqués suivant la saison: on y observe aussi bien des eaux euhalines (> 30‰) que des eaux oligohalines (0,5–5‰). La pollution est accentuée dans diverses baies fermées de la zone urbaine. Les concentrations en chlorophylle *a* et en phosphate sont du même ordre qu'en secteur II. Les eaux profondes de ce secteur (20–25 m) sont l'objet de pêches intenses axées sur la mise en oeuvre de sennes tournantes.

*Secteur IV: d'Abidjan à l'Agnéby (107 km<sup>2</sup>).* Troisième secteur estuarien qui présente donc des caractéristiques analogues aux deux précédents: variations saisonnières de salinité appréciables quoiqu'un peu moins marquées (15–2‰), chlorophylle *a* de l'ordre de 7 mg/m<sup>3</sup>, environ 1 µatg/l de phosphate minéral dissous de moyenne annuelle. L'amplitude des variations de salinité, associée à des courants de marée notables — particulièrement dans la moitié proche d'Abidjan, plus étroite (cf. Fig. 14B) — expliquent l'importance des pêcheries de crevettes. En revanche, les captures de poissons sont assez faibles.

*Secteur V: de l'Agnéby à 15 km du canal d'Assagny (198 km<sup>2</sup>).* Ce secteur, qui représente plus du tiers de la superficie totale de la lagune, s'oppose, comme le secteur VI, aux secteurs estuariens. Il n'y a pas de bouleversements importants du milieu, qu'ils soient quotidiens ou saisonniers et les eaux sont caractérisées par leur homogénéité et leur stabilité. Partout les eaux sont oligohalines et les variations saisonnières faibles: de 2 à 5‰. Les concentrations de chlorophylle *a* sont élevées et du même ordre que dans le secteur I, 15 mg/m<sup>3</sup>. Les transparences sont maximales dans cette région, de 1,5 à 3 m. Le pH peut atteindre des valeurs basses, inférieures à 5,5. Les teneurs des eaux de surface en oxygène dissous sont souvent plus élevées que dans les secteurs sous influence marine, cependant on peut rencontrer des gradients

verticaux prononcés pouvant aller jusqu'à une désoxygénation au voisinage du fond, particulièrement en fin d'étiage (mars–avril). La biomasse zooplanctonique est plus élevée que dans tous les autres secteurs (R. Repelin, comm. pers., 1979). C'est ce secteur qui fournit l'essentiel des captures de poisson — avec le secteur d'Abidjan — par l'intermédiaire surtout de sennes de plage.

*Secteur VI: extrémité occidentale avant le canal d'Assagny (91 km<sup>2</sup>).* Les caractéristiques générales sont identiques à celles du secteur V: secteur continental stable et oligohalin. Cependant il s'en différencie par des biomasses phytoplanctoniques exceptionnellement élevées (35 mg/m<sup>3</sup> en moyenne), qui vont de pair avec des transparences nettement diminuées par rapport au secteur V. Les concentrations moyennes annuelles en phosphate minéral dissous sont faibles: 0,5 µatg/l, ce qui ne le différencie pas non plus du secteur V, en revanche, cette région apparaît épuisée toute l'année en nitrate dissous (Pagès et al., 1979). Les pêcheurs autochtones s'opposent à l'introduction des sennes et les engins individuels effectuent des captures totales assez moyennes.

La lagune de Grand Lahou a un caractère général plus estuarien et on peut la subdiviser en deux secteurs homologues des secteurs II et IV de la lagune Ebrié: la région orientale, typiquement estuarienne puisqu'y voisinent la passe de Grand Lahou et le débouché du Bandama; la zone occidentale est plus protégée tout à la fois de la marée et des eaux fluviales. Il est cependant certain qu'au plus fort de la crue du Bandama l'eau douce envahit cette région alors qu'à l'étiage, l'augmentation de la salure n'est pas négligeable, ce qui la situe près du secteur IV de la lagune Ebrié (eaux meso et oligohalines).

La lagune Aby se distingue nettement de ses deux voisines et nos connaissances actuelles ne nous permettent pas d'opérer une zonation valable. Le caractère spécifique général paraît bien être des eaux généralement oligohalines et stables, dues à une intrusion saline réduite. Les eaux de l'extrémité orientale proche du Ghana sont tout à fait douces toute l'année car les apports de la Tanoé représentent un volume important (plus de 4 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> en année moyenne) bien réparti durant le cycle annuel puisque deux crues pratiquement équivalentes se succèdent en juillet et novembre.

#### *Richesse des lagunes*

L'hétérogénéité retentit bien entendu sur la productivité des milieux lagunaires qui, tout en restant globalement élevée — résultats classique pour des milieux lagunaires tropicaux — est inégalement répartie suivant les secteurs. Nous nous contenterons de souligner ici quelques traits intéressants à divers niveaux de la pyramide trophique.

Nous avons vu que les concentrations en chlorophylle *a* varient en moyennes entre 35 mg/m<sup>3</sup> (secteur VI) et 15 mg/m<sup>3</sup> (secteurs V et I) pour les eaux continentales dessalées alors qu'elles oscillent autour d'une valeur mo-

enne de 7 mg/m<sup>3</sup> pour les secteurs de type estuarien (II, III et IV). Les biomasses phytoplanctoniques correspondantes sont très élevées et elles sont associées à une production primaire brute très forte qui atteint 300 mg de carbone par heure et par m<sup>3</sup> dans le secteur VI. Cette productivité élevée doit être mise en relation avec la température élevée et, probablement, les apports minéraux et nutritifs des fleuves et de la mer. Il est intéressant de noter à ce sujet que, d'après Dufour et al. (1981), l'azote est l'élément nutritif principal limitant en région d'estuaire, alors que le phosphore est plus limitant en zones continentales. Ce résultat est à rapprocher directement du fait que les eaux océaniques apparaissent nettement carencées en azote alors que les eaux continentales originaires des régions de forêt seraient en revanche pauvres en phosphore. Toujours d'après ces auteurs, "non seulement les régions continentales et particulièrement extrême occidentales sont plus riches en éléments nutritifs, mais elles sont plus efficaces vis à vis de leur utilisation."

On peut essayer de rapprocher ces résultats de ceux des pêcheries. D'après les résultats obtenus pour 1977, on peut évaluer le rendement global de l'exploitation des stocks lagunaires pour chacun des secteurs précédemment définis (Tableau V). Les rendements ont été calculés en ne prenant pas en considération les captures de poissons marins dans le secteur III (Abidjan), d'autre part on a estimé arbitrairement que les crevettes étaient capturées à 80% dans le secteur IV, enfin les captures de *Callinectes* ont été elles aussi arbitrairement réparties à égalité entre les secteurs IV et V.

TABLEAU V

Les rendements (kg/ha) de l'exploitation des stocks lagunaires en 1977

Secteurs	I	II	III	IV	V	VI
Crevettes	—	6	—	33	—	—
Crabes	—	?	—	47	25	—
Poissons	ε	79	420	71	126	43
Total	ε	85	420	151	151	43

On voit qu'il se dégage un résultat apparemment paradoxal puisque les rendements les plus élevés sont obtenus dans le secteur où la productivité initiale de l'écosystème est la moins forte. Deux explications peuvent être avancées en première analyse: les rendements moins élevés en secteur V résulteraient de la surexploitation engendrée par l'utilisation systématique des sennes de plage à mailles trop petites (13 mm) dans ce secteur. Ils proviendraient d'autre part de l'effort de pêche important exercé par les sennes tournantes en secteur III (sennes elles aussi à trop petites mailles) au moment de la concentration des *Ethmaloses* pour la reproduction dans les eaux mixohalines estuariennes (J.J. Albaret, comm. pers., 1979); leur comportement les rend alors particulièrement vulnérables. En fait, bien d'autres aspects devraient être pris en considération pour étayer ou infirmer ces hypothèses: rôle du benthos,

rôle du zooplancton (on se souvient que celui-ci semble avoir des temps de renouvellement très faibles mais que la biomasse ne correspond pas à la richesse en chlorophylle et en particules), et plus généralement efficacité des transferts à l'intérieur des chaînes alimentaires de la pyramide trophique. Quoiqu'il en soit, on peut supposer que les pêcheries actuelles surexploitent globalement les stocks en lagune Ebrié en termes de captures totales sans que l'on puisse pour le moment préciser le gain qui pourrait résulter d'une meilleure gestion des stocks. En l'état actuel des choses le rendement moyen annuel, en excluant les lagunes Adjin et Potou, est de 156 kg/ha (poissons et crustacés). En supposant que cette estimation moyenne puisse être retenue pour l'ensemble des lagunes, on obtient des captures totales qui approchent 18.000 tonnes et l'on pourrait alors estimer que le potentiel dépasse 20.000 tonnes.

## CONCLUSIONS

L'écosystème lagunaire est donc naturellement riche, souvent eutrophe. Il est, de par sa position intermédiaire entre les milieux continentaux et marins, soumis à des influences — crues, précipitations, upwellings côtiers — dont les fluctuations non négligeables ont pour conséquence une certaine variabilité naturelle. Dans des cas extrêmes, celle-ci peut se traduire par une évolution critique, analogue à celle observée pendant l'étiage 1979 en lagune Ebrié: des conditions climatiques légèrement anormales peuvent conduire à une détérioration entraînant des mortalités importantes d'organismes aquatiques, tout particulièrement des poissons, et ce, sur plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>. Ces mortalités sont peut-être liées, directement ou indirectement, à des productivités primaires anormalement élevées (et peut-être la présence d'algues toxiques), conduisant à des déficits marqués d'oxygène et/ou des pH acides.

Ces risques naturels ne sont pas les seuls que courent les milieux saumâtres tropicaux et l'action de l'homme est rarement anodine. La lagune Ebrié fournit un exemple intéressant de la variété des interventions humaines et de leurs conséquences:

*Percement du canal de Vridi.* Une bonne moitié de la lagune a pris un caractère nettement estuarien qui va de pair avec une productivité diminuée, même si l'amélioration de la circulation et de l'oxygénation est manifeste dans les eaux profondes. Cette large ouverture sur le milieu marin a été la cause d'un bouleversement de la structure de certains peuplements et a permis en particulier une invasion accentuée des crabes et des tarets.

*Développement de la conurbation abidjanaise.* Deux aspects majeurs ont des conséquences pour le milieu aquatique: grands travaux et rejets d'eaux usées. Les grands travaux empiètent souvent sur le milieu lagunaire (zones industrielles, voies de communication, etc.), exigent des matériaux prélevés en lagune (extraction des sables), aggravent quelquefois les conditions de milieu (digues interrompant la circulation de l'eau). Les rejets d'eaux usées sont

aussi bien d'origine industrielle (teintureries, industries chimiques, tanneries, abattoirs) que domestique (tous les égouts).

**Plantations.** En dehors d'épandages aériens en bordure des plans d'eau — qui peuvent être très nuisibles localement — la principale conséquence de l'implantation de cultures industrielles sur le pourtour des lagunes est certainement l'arrivée dans les eaux lagunaires, par l'intermédiaire de ruissellements ou des crues des fleuves côtiers, des produits (traitements préventifs, engrais) utilisés dans les plantations.

**Exploitation des stocks de poisson.** Un effort de pêche très élevé associé à des mailles trop petites conduit à une surexploitation se traduisant par des captures trop importantes de juvéniles et une diminution des captures totales. Il semble que ce soit la situation actuelle en lagune Ebrié. Par ailleurs, des espèces vulnérables peuvent être menacées de disparition, le stock arrivant au-dessous du seuil de fécondité minimale. Enfin, l'introduction d'espèces allochtones (en Côte d'Ivoire, *Tilapia nilotica* par exemple et *Heterotis niloticus* qui pénètre dans les secteurs oligohalins des lagunes) ne devrait être tentée qu'après mûre réflexion et une fois bien connues les potentialités des milieux aquatiques et des espèces autochtones.

L'aquaculture naissante en Côte d'Ivoire est aussi un domaine d'activités pour lequel il faut se montrer très attentif: il est bien entendu indispensable d'assurer les connaissances sur la biologie des espèces, mais il est tout aussi nécessaire de connaître le milieu dans lequel vont être mis en oeuvre les élevages, qu'il s'agisse d'étangs, de cages ou d'enclos. Tout ce qui précède démontre que les fluctuations, naturelles ou provoquées, amplifiées ou accélérées par l'homme peuvent être très dangereuses pour les élevages aquacoles.

Il ressort de tout cela que les conséquences des activités humaines sont multiples et quelquefois contradictoires. Ce n'est pas le lieu ici de juger du bien-fondé de telle ou telle intervention et de ses implications, il n'en reste pas moins que la concertation des utilisateurs doit être systématique et que les milieux saumâtres auxquels on demande beaucoup, à beaucoup de points de vue, méritent un effort de sauvegarde exceptionnel faute duquel les lagunes ouest africaines, trop sollicitées, risqueraient d'être rapidement transformées en cloaques nauséabonds et improductifs.

L'intervention des scientifiques doit se situer à ce niveau et la compréhension de certains aspects du fonctionnement de l'écosystème devrait permettre, en particulier, de surveiller l'environnement afin de prévoir les évolutions et de prévenir, dans la mesure du possible, les crises éventuelles.

#### REFERENCES

Anonyme, 1959. Simposio sulla classificazione delle acque salmastre (Venezia, Aprile 1958). Arch. Oceanogr. Limnol. Venezia, 11 (Suppl.), 248 pp.

- Binder, E., 1968. Répartition des Mollusques dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., II, 34: 3-14.
- Binet, D., 1977. Contribution à la connaissance du zooplancton néritique ivoirien. Ecologie descriptive et dynamique. Thèse Univ. Paris VI, ORSTOM, Paris, 282 pp.
- Briet, R., 1965. La pêche en lagune Ebrié. Abidjan, 2 tomes multigr.: I, 104 pp.; II, 120 pp.
- Charles-Dominique, (E.) et Durand, J.R., 1979. Les lagunes de Côte d'Ivoire. Bibliographie provisoire. Arch. Scient. C.R.O. Abidjan, V, 2: 24 pp.
- Daget, J. et Durand, J.R., 1968. Etude du peuplement de poissons d'un milieu saumâtre tropical poikilohalin: la baie de Cocody en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., II, 2: 91-111.
- Daget, J. et Itis, A., 1965. Poissons de Côte d'Ivoire. Mém. IFAN, 74, 385 pp.
- Dufour, Ph. et Slepoukha, M., 1975. L'oxygène dissous en lagune Ebrié: influences de l'hydroclimat et des pollutions. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, VI, 2: 75-118.
- Dufour, Ph., Lemasson, L. et Cremoux, J.L., 1981. Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. II. Variations géographiques et saisonnières. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 51: 269-284.
- Durand, J.R., Amon, K.J.B., Ecoutin, J.M., Gerlotto, F., Hie Dare, J.P. et Lae, R., 1978. Statistiques de pêche en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire): 1976 et 1977. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, IX, 2: 67-114.
- Ecoutin, J.M., 1978. Chaîne de traitement des statistiques de la pêche artisanale. Les sennes des lagunes de Côte d'Ivoire. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, IX, 2: 115-140.
- Eldin, M., 1971. Le Climat. In: Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, 50, pp. 73-108.
- Galois, R., 1975. Biologie, écologie et dynamique de la phase lagunaire de *Penaeus duorarum* en Côte d'Ivoire. Thèse de spécialité Univ. d'Aix-Marseille, 120 pp.
- Garcia, S., 1976. Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* Perez-Farfanté, 1967) en Côte d'Ivoire. Thèse Doc. Univ. Aix-Marseille, 237 pp. multigr. et Travaux de Doc. de l'ORSTOM, 79, 271 pp.
- Gerlotto, F., 1979. Biologie d'*Ethmalosa fimbriata* (Bowdich) en Côte d'Ivoire. III. Etude des migrations en lagune Ebrié. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, X, 2: 3-41.
- Girard, G., Sircoulon, J. et Touchebeuf, P., 1971. Aperçu sur les régimes hydrologiques. In: Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM 50, pp. 109-156.
- Gomez, M., 1978. Données biologiques sur deux peuplements benthiques autour de l'île Boulay et de l'île Leydet. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle Univ. Nat. Côte d'Ivoire, 103 pp., multigr.
- Le Borgne, R. et Dufour, Ph., 1979. Premiers résultats sur l'excrétion et la production du mésozooplancton de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, X, 1: 1-39.
- Lemasson, L., 1975. Compte-rendu du CT Recherche. Doc. Interne C.R.O. Abidjan, 8 pp., multigr.
- Maurer, D., 1978. Phytoplancton et pollution. Lagune Ebrié (Abidjan) — Secteur de Cortiou (Marseille). Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle, Aix-Marseille II, 121 pp., multigr.
- Morlière, A., 1970. Les saisons marines devant Abidjan. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, I, 2: 1-15.
- Pagès, J., Lemasson, L. et Dufour, Ph., 1979. Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. Arch. Scient. C.R.O. Abidjan, 5, 1: 1-60.
- Plante-Cuny, M.R., 1977. Pigments photosynthétiques et production primaire du microphytobenthos d'une lagune tropicale, la lagune Ebrié (Abidjan, C.I.). Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., XV, 1: 3-25.
- Rahm, U., 1964. Zur Oekologie des Zooplanktons der Lagune Ebrié (Elfenbeiküste). Acta Tropica, 21: 1-47.
- Rancurel, P., 1971. Les Teredinidae (Mollusques lamellibranches) dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, No. 47, 235 pp.

- Tastet, J.P., 1974. L'environnement physique du système lagune Ebrié I et II. (I, texte: 28 pp.; II, fig.: 58 pp.). Univ. Abidjan, sér. Doc., No. 11.
- Varlet, F., 1978. Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. Travaux et Documents de l'ORSTOM, 83, 164 pp., 110 fig.
- Verdeaux, F., 1979. La pêche lagunaire en Côte d'Ivoire. Contexte sociologique et formes d'exploitation du milieu naturel. ORSTOM Sci. Hum. Petit-Bassam, 7 pp., multigr.
- Ville, J., 1970. Recherche sur la reproduction des *Macrobrachium* des lagunes ivoiriennes. II — Migrations liées à la reproduction chez les *Macrobrachium* de Côte d'Ivoire. Ann. Univ. Abidjan E, 3: 263-268.
- Zabi, S.G., 1979. Présentation générale de l'écologie benthique de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Séminaire UNESCO sur Ecosystèmes Côtiers en particulier lagunes côtières et estuaires de la côte ouest de l'Afrique. Dakar, 11-15 juin 1979: 24 pp., multigr.