

LES MECANISMES DE PRODUCTION
DANS L'ESTUAIRE DE LA CASAMANCE

par

J. PAGES⁽¹⁾, S. BADIANE⁽²⁾, J.P. DEBENAY⁽³⁾
P.S. DIOUF⁽⁴⁾ et C. LE BOUTEILLER⁽¹⁾

-
- (1) Chercheurs ORSTOM en poste au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (ISRA), BP. 2241 - Dakar (Sénégal).
- (2) Chercheur au Centre National de Recherches Forestières (ISRA) BP. 128, Ziguinchor (Sénégal).
- (3) Enseignant à la Faculté des Sciences de Dakar, Département de Biologie Animale.
- (4) Chercheur au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (ISRA) BP. 2241 - Dakar (Sénégal).

R E S U M E

Description de l'écosystème :

La chimie des eaux est dominée par les processus évaporatifs et par le rôle de la matière organique.

La production phytoplanctonique est très forte en amont. La mangrove et, surtout, les roselières bien qu'en recul, produisent une matière organique importante. Au niveau des "producteurs secondaires" (microbenthos, zooplankton, macrobenthos), la diversité spécifique et, souvent, la biomasse diminuent vers l'amont.

L'ichthyofaune s'appauvrit vers l'amont, mais sa biomasse semble rester assez constante. L'avifaune est concentrée en amont.

Ces différents facteurs descriptifs, permettant de délimiter plusieurs secteurs, de confinement croissant.

Fonctionnement de l'écosystème :

Le cycle détritique et les processus de recyclage sont prépondérants.

Le réseau trophique se simplifie (s'appauvrit) vers l'amont, zone à variabilité maximum ; mais son rendement global varie peu.

Conclusion :

Il s'agit d'un système paralique qui évolue encore et que sa forte salinité rend assez unique dans le monde. Les études doivent être poursuivies et approfondies.

A B S T R A C T

Production mechanisms in the Casamance estuary.

Description of the food web :

The two main features of the water chemistry are the evaporative processes and the importance of dissolved organic matter.

Phytoplankton biomass and primary production are highest upriver. Mangrove and reeds, though regressing, contribute an important organic matter.. For all "secondary producers" (micro - and macrobenthos, zooplankton), both species diversity and biomass are reduced upriver.

Fish populations are less diversified upriver, while their biomass remains steady. Waterfowl is most numerous in the upmost part of the river.

The various components of the food web show that the river may be divided into several compartments, increasingly isolated from the sea.

Nutrient balance :

Detritical matter (DOM and litter) are the main source of nutrients. We attempt to quantify the recycling processes at the various trophic levels.

The food web becomes simpler in the upriver, most variable, part which maintains a good overall yield.

Conclusion :

This hyperhaline, confined system is still evolving. Its salinity, its expanse, and the processes it harbours make it rather unique. The study should be continued and expanded.

Les exposés précédents ont déjà décrit en détail le cadre climatique, la morphologie du fleuve et son bilan de sel et d'eau. Nous reviendrons brièvement sur quelques uns de ces points. Nous décrirons ensuite les divers composants de l'hydrobioclimat, sur la base de nos travaux et ceux de nos collègues. Enfin, nous essaierons d'interpréter le fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème.

Cet exposé, qui essaye de décrire l'ensemble des phénomènes de production (primaire et secondaire) ne mentionnera pas les méthodologies employées par les divers collaborateurs. De tels détails alourdiraient l'ensemble de façon prohibitive.

A - R A P P E L S

Le bilan hydrique est déficitaire à peu près sur tout le bassin versant ; les indices d'aridité (BUDYKO, in REITAN et GREEN, 1968) classent le territoire dans les zones semi-désertiques.

Le ruissellement est réduit, du fait des faibles pentes. On a ainsi un débit spécifique de l'ordre de 0,3 l/km²/s (contre 2 pour le fleuve Sénégal et 3 pour la Gambie). (BRUNET-MORET, 1970).

Les profondeurs moyennes sont faibles. A partir des profils que nous avons relevés, nous avons calculé la profondeur moyenne à chaque section (fig. 1) ; elle passe de 5 m, en aval, à environ 0,5 m en amont. Cependant en reprenant les chiffres de BRUNET-MORET, qui prennent aussi en compte les marécages (que nous n'avons pu nous-mêmes estimer), nous obtenons des valeurs beaucoup plus faibles pour la profondeur moyenne (de 1 m à 0,3 m). Il est plus que probable que nos valeurs sont sur-estimées, et que celles de BRUNET-MORET sont plus proches de la réalité.

Ces profondeurs faibles donneront une grande importance aux interfaces en général ; les inter-actions eau/atmosphère et eau/sédiment seront fortes.

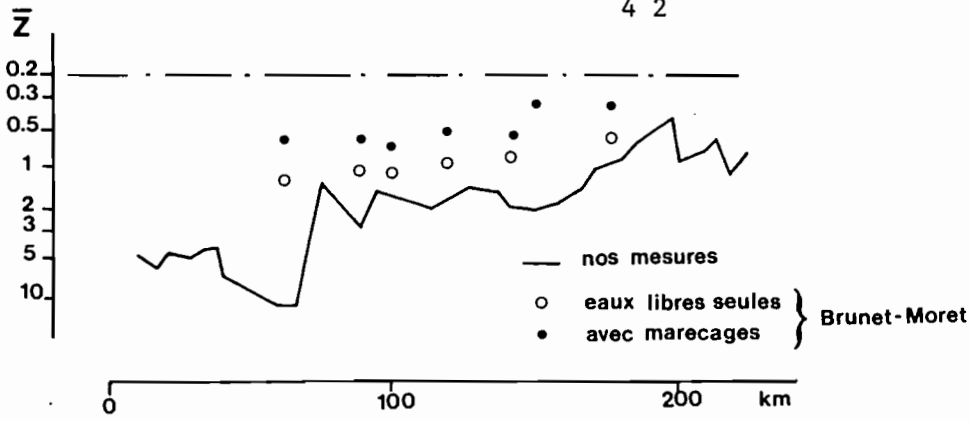


Fig. 1.- Profondeur moyenne le long du cours du fleuve.

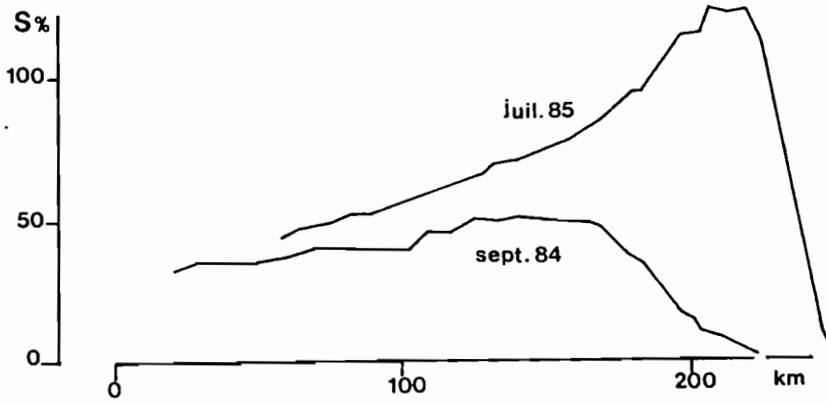


Fig. 2.- Variation annuelle du profil de salinité

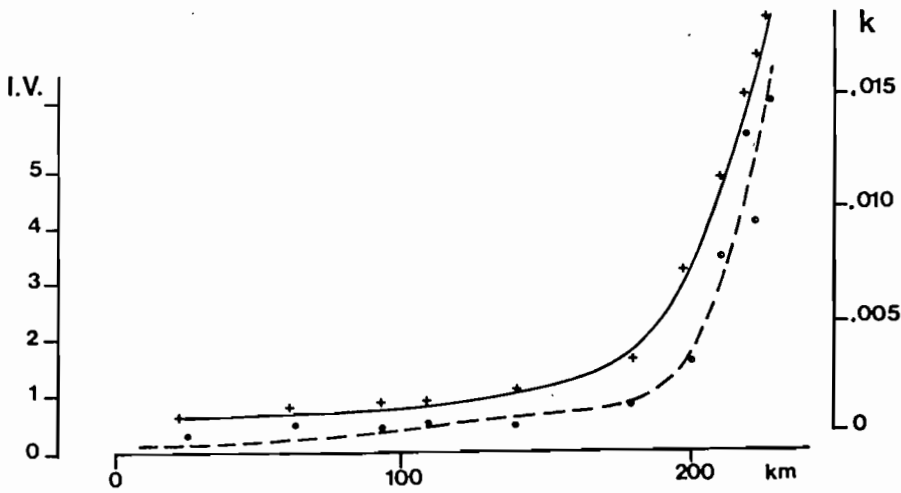


Fig. 3.- Indice de variabilité, I.V. (---) et taux d'augmentation k (+) de la salinité à différentes stations.

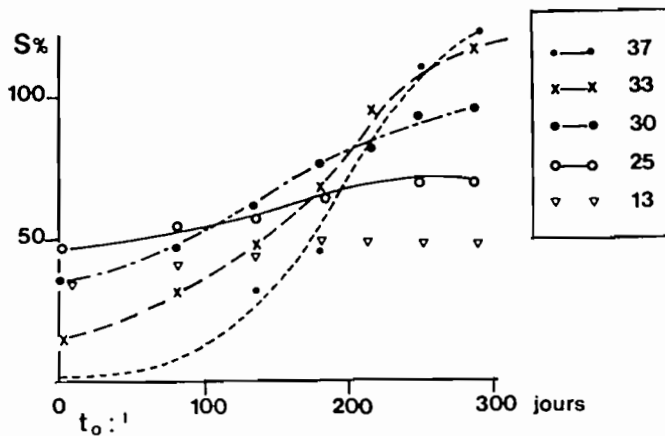


Fig. 4.- Evolution temporelle de la salinité à différentes stations.

B . E L E M E N T S D E S C R I P T I F S

1. CHIMIE DES EAUX

1.1. Sels majeurs

1.1.1. Salinité1.1.1.1. Questions méthodologiques

Le problème de la détermination de la salinité reste posé, pour les fortes valeurs. Tout d'abord, l'expression même se discute : ‰ (donc g.kg^{-1}) ? g.l^{-1} ? ou bien conductivité ? Si la composition chimique, nous le verrons, est légèrement modifiée, la définition "océanographique" n'est plus applicable. D'autre part, faut-il diluer les échantillons par H_2O ou par de l'eau de mer? La densité n'est-elle pas un meilleur évaluateur, et plus facilement mesurable dans l'hypothèse d'un réseau fixe d'enquêteurs ?

1.1.1.2. Variations annuelles

Le profil longitudinal, autrefois concave, (BRUNET-MORET, 1970 ; MARIUS, 1984) est actuellement convexe, avec un pic de sursalure constamment présent (fig. 2). Les valeurs les plus faibles sont atteintes vers octobre ; le pic de salinité remonte ensuite vers l'amont au cours de la saison sèche, tandis que la salinité passe de 60 à 120 ‰. La "charnière" des courbes mensuelles semble se trouver vers les stations 18 - 20.

L'extrême amont est soumis à de fortes variations annuelles, l'"indice de variabilité" (WILLIAMS, 1984) augmente nettement vers le point kilométrique (PK) 180 (fig. 3).

L'évolution temporelle de la salinité à une même station (fig. 4) peut être décrite par une équation de la forme $S = S_0 \exp(kt)(1)$. Les valeurs de k marquent, elles aussi, une augmentation brusque vers le PK 180 (fig. 3). Des mesures fines de courant devraient permettre de confirmer - et peut être d'expliquer - cette discontinuité. Il y aurait donc deux ruptures aux stations 18 et 30.

1.1.1.3. Modélisation

LE RESTE (1985) a développé un modèle numérique liant les précipitations sur le bassin à la salinité mesurée à Ziguinchor. Il serait utile d'élargir ce modèle afin de pouvoir décrire l'évolution en d'autres points du cours du fleuve.

Nous avons tenté de simuler cette évolution temporelle de la salinité, en admettant que seule agit l'évaporation. Nous avons employé les résultats de nos sondages pour définir la géométrie du bassin, et les relevés météorologiques de Kolda et Ziguinchor. Une première version du modèle numérique, sans action de la marée, fournit des résultats déjà assez bons (fig. 5). Des modifications quantitatives devraient permettre de mieux ajuster la simulation. Il semble qu'il ne soit pas nécessaire de faire intervenir d'autres facteurs que l'évaporation, du moins à ce stade ; il est probable cependant que les sédiments jouent un rôle de volant, qui sera difficilement estimé.

(1) Selon l'analyse de GUELORGET et PERTHUISOT (1983), l'exposant k peut être considéré comme proportionnel au rapport (évaporation/profondeur moyenne).

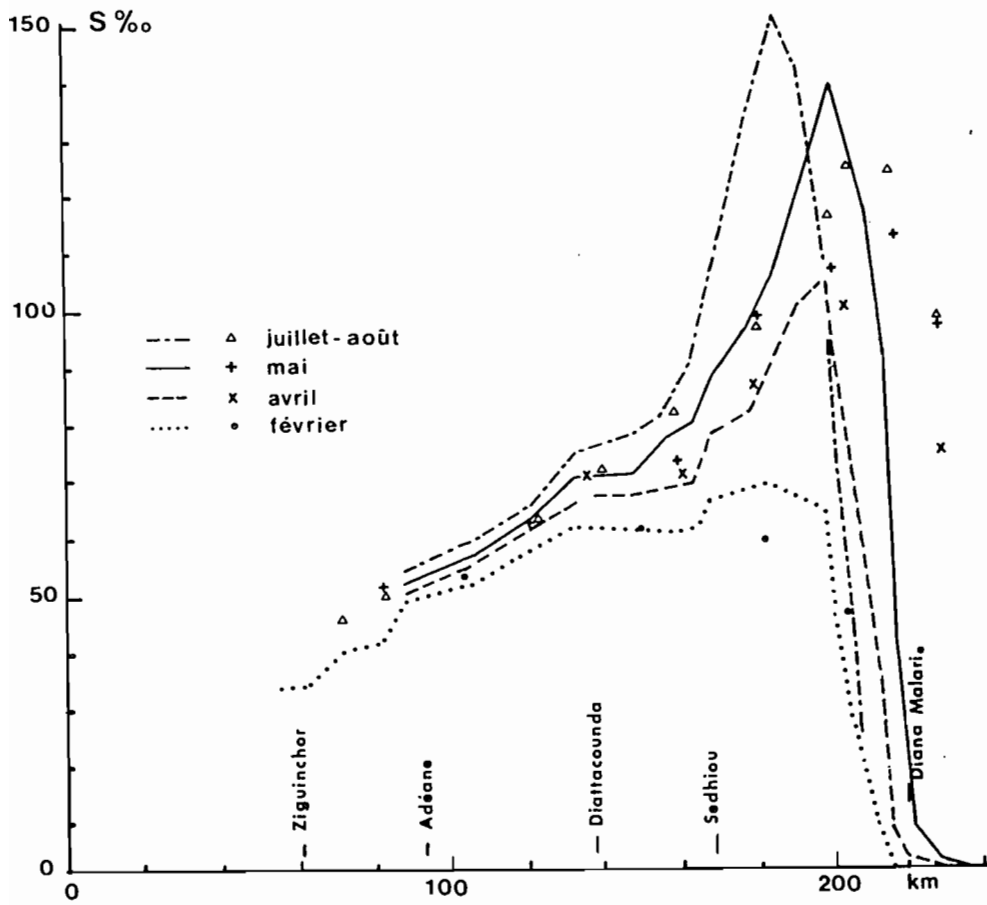


Fig. 5.- Simulation numérique de la salinité.

1.1.2. Carbone inorganique dissous (C.I.D.)

Nous avons dû initialement mesurer la concentration en CID afin de pouvoir calculer la production primaire (méthode au ^{14}C). Les résultats nous ont conduits à raffiner et approfondir les observations.

1.1.2.1. Variations spatio temporelles (fig. 6)

D'une valeur "normale" proche de 2,4 mM à l'embouchure, les concentrations diminuent jusqu'à 0,8 mM dans la partie médiane, puis augmentent à nouveau vers l'amont, sans tendance nette en fonction de la saison.

1.1.2.2. Relation avec la salinité (fig. 7)

La séquence principale ($35\% < S < 80\%$) correspond probablement à la précipitation du CID en salinité croissante (FRITZ, 1975), et peut être décrite par l'équation :

$$(\text{CID})_{\text{mM}} = -0.07 \text{ S}\% + 4,6$$

Au delà du pic de salinité ($S > 8\%$, puis $S < 35\%$) un enrichissement est manifeste. Les quelques profils verticaux disponibles montrent que le sédiment est la source du CID "supplémentaire".

Il reste surprenant que les sédiments de la portion médiane ne montrent pas de traces de calcite précipitée ; il est possible que la diffraction aux rayons X ne soit pas la méthode voulue, dans un tel milieu.

1.1.3. Autres ions majeurs

Un déficit de Ca^{++} avait été initialement décelé, mais n'a pu être confirmé (LE BRUSQ, com. pers.). Dans la portion aval, un léger effet de la mangrove se manifeste, surtout par un déficit de K^+ (MARIUS, 1984). Il est classique que la composition d'une eau de mer se modifie au cours de la concentration (FRITZ, 1975 ; JAVOR, 1983) (fig. 8) ; dans la partie amont de la Casamance, des précipitations de Ca SO_4 pourraient se produire (GUELORGET et PERTHUISOT, 1983 - leur annexe I -).

1.2. SELS NUTRITIFS

Les dosages de nutriments ont été assez décevants : les teneurs varient très fortement (même en tenant compte d'une variabilité excessive au niveau de l'analyse même). Nous n'avons pu discerner de tendance spatio-temporelle bien définie.

Les concentrations en azote sont assez élevées (1-4 μM pour NO_3 , 5-20 μM pour NH_4). Elles sont cependant faibles comparées à celles du PO_4 (0,5 à 5 μM). Ce fort déséquilibre indique que nous aurions dû rechercher d'autres formes, organiques, d'azote (cf. § 1.3.1.2.).

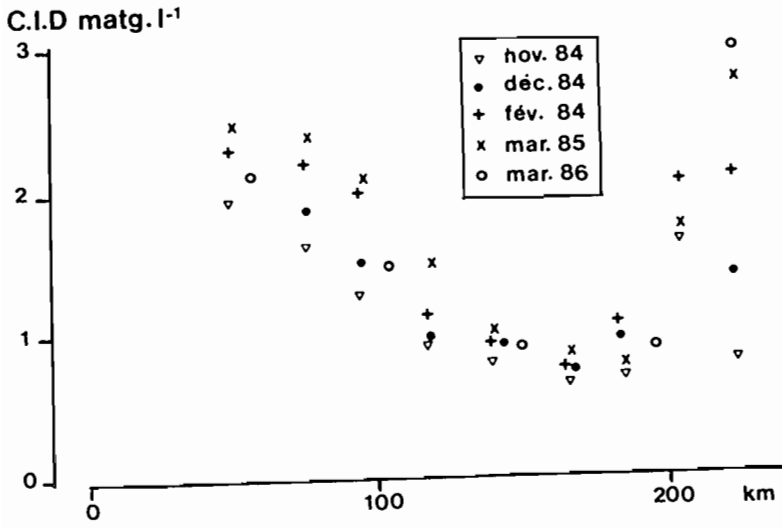


Fig. 6.- Répartition du C.I.D.

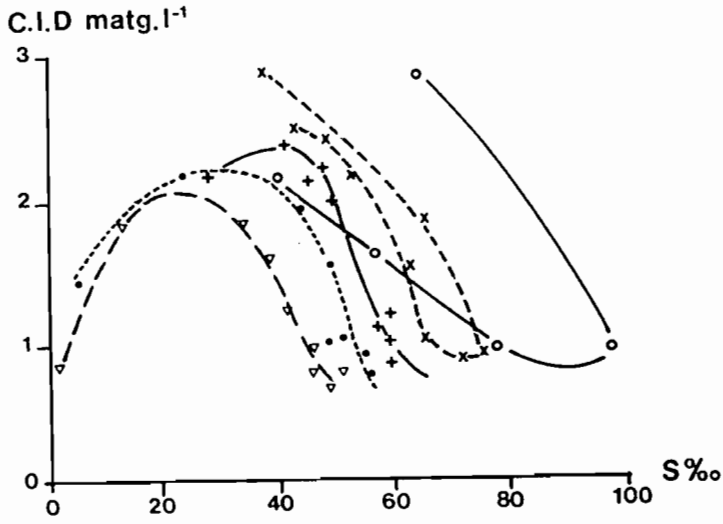


Fig. 7.- Evolution du C.I.D. en relation avec la salinité

1.3. MATIERE ORGANIQUE

1.3.1. Matière organique dissoute (MOD)

Nous ne disposons pas de dosages directs (DCO ou DBO) de MOD. Nous avons eu recours à des mesures optiques (KIRK, 1983 ; BRICAUD et al., 1981) et à quelques autres analyses.

1.3.1.1. Concentrations in situ

Les spectres d'absorption (fig. 9) indiquent de fortes concentrations de MOD, avec une nette augmentation vers l'amont. Nous pouvons estimer que la MOD représente, sur la portion 400 - 700 nm, un coefficient d'atténuation (ϵ) de 0.5 à 2 m^{-1} selon les stations. Bien que la concentration en MOD soit corrélée à l'absorption U.V. (YELVERTON et HACKNEY, 1986), nous ne pouvons jusqu'ici donner de chiffres absolus.

1.3.1.2. Evolution in vitro

Des échantillons non fixés au $HgCl_2$ ont été conservés à température ambiante, à l'obscurité. Nous avons procédé à diverses observations :

* Une série montre un spectre d'absorption modifié (fig. 9), avec disparition de la MOD absorbant dans l'UV (440 nm).

* Des dosages de NO_3^- et NH_4^+ sur les mêmes échantillons font apparaître des teneurs de l'ordre de $50 \mu g \cdot l^{-1}$ de N total entre les stations 27 et 39.

* Une autre série d'échantillons non fixés a fourni des valeurs très fortes de CID après "incubation".

		38	31	28	25	22	18	15	11
Teneur en CID (mM)	Après stockage	3.7	4.2	4.2	3.7	3.3	3.3	3.2	3.2
	<u>In situ</u> moyenne	3.0	0.8	0.8	1.0	1.4	2.1	2.4	2.5

Il est fort probable que, dans les conditions de stockage employées, l'oxydation n'a pu être complète. Il serait donc risqué de procéder à des estimations de C ou N. La MOD représente cependant un réservoir non négligeable de nutriments. Il faudra, dans l'avenir, procéder à des essais plus systématiques en vue de déterminer les taux de minéralisation et, si possible, l'évolution de la nature chimique de la MOD.

1.3.2. Matière organique particulaire (MOP)

Nous n'avons pas d'estimation des concentrations de MOP dans l'eau. Nous avons relevé des débris, d'aspect "carbonisé", de petite taille, sur le fond des stations d'amont (st. 34 - 36). Des débris flottants sont accumulés dans certaines criques, sous l'effet du vent. Des feuilles provenant de la mangrove apparaissent souvent sur l'eau en aval ; nous verrons plus loin leur décomposition dans le sol.

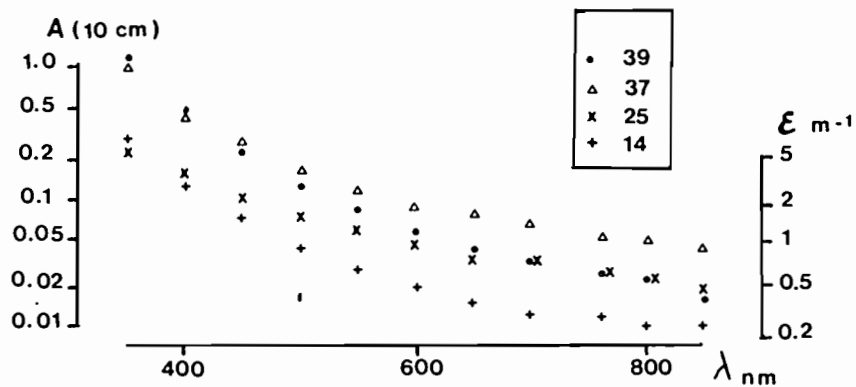


Fig. 8. - Spectre d'atténuation (ϵ) et d'absorption (A) dans le domaine visible.

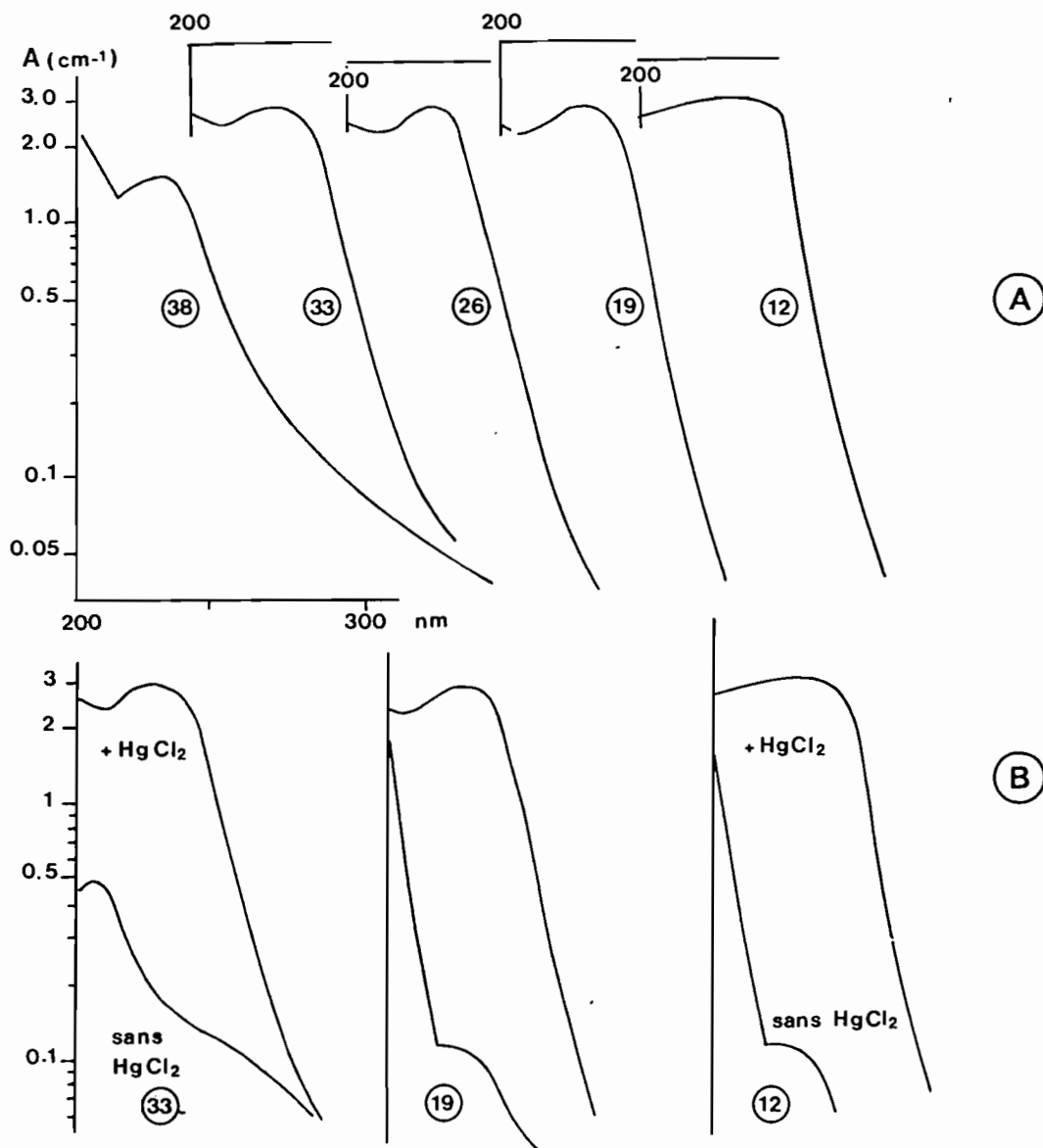


Fig. 9.- Spectre d'absorption dans l'UV.A : Echantillons fixés par $HgCl_2$: Modification du spectre par action bactérienne sans $HgCl_2$

2. PRODUCTION PRIMAIRE

2.1. PHYTOPLANCTON

2.1.1. "Standing crop" (chlorophylle)

2.1.1.1. Variations spatio-temporelles

Les concentrations de chlorophylle (chl) séparent le cours du fleuve en deux zones (fig. 10) :

a) une portion aval, jusque vers le PK 180, avec des concentrations comprises entre 2 et $20 \mu\text{g.l}^{-1}$, croissant irrégulièrement vers l'amont.

b) une portion amont, avec un pic net, de $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ (en 1984) à $200 \mu\text{g.l}^{-1}$ (en 1985).

Le maximum de chlorophylle est toujours en amont du maximum de salinité, donc dans la zone de contact (de mélange) entre l'eau de mer concentrée et l'eau "continentale" chargée en MOD (§ 1.3). Les deux seules exceptions se présentent en juillet 1985 et juin 1986, où le pic de chlorophylle est observé en aval du maximum de salinité (*).

Dans l'ensemble, les concentrations sont minima en fin de saison des pluies, et croissantes en saison sèche. L'augmentation est spectaculaire dans la partie "dessalée", entre octobre et décembre 1984.

Nous avons tenté de calculer la biomasse "intégrée" (concentration x volume), en nous basant sur nos relevés bathymétriques, et en admettant un rapport (C : chl) de 50(1). Les biomasses ainsi calculées par zone (fig. 12) ne montrent plus guère de variation nette au cours de l'année ; il faudra cependant confirmer nos calculs.

2.1.1.2. Chlorophylle et atténuation de la lumière

L'atténuation de la lumière par la chlorophylle seule (ϵ_b) n'est qu'une part de l'atténuation totale, ϵ , mesurée in situ ; la valeur du rapport ϵ_b/ϵ permet de séparer des groupes de stations :

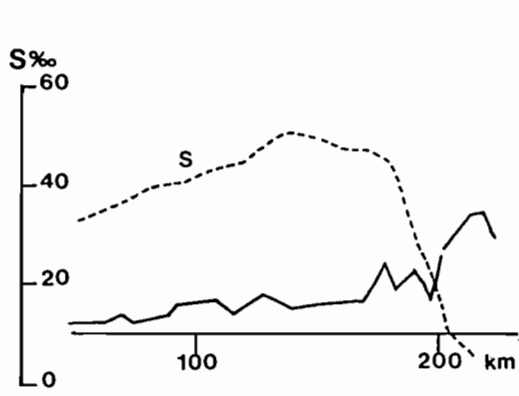
- . $\epsilon_b/\epsilon > 30\%$: stations 34 à 38, de décembre à juin
- . $\epsilon_b/\epsilon > 20\%$: " 27 à 38, de novembre à juin
- . $\epsilon_b/\epsilon > 10\%$: " 22 à 38, toute l'année
- . $\epsilon_b/\epsilon > 10\%$: " 1 à 18, "
- . $\epsilon_b/\epsilon > 5\%$: " 1 à 16, "

2.1.2. Photosynthèse

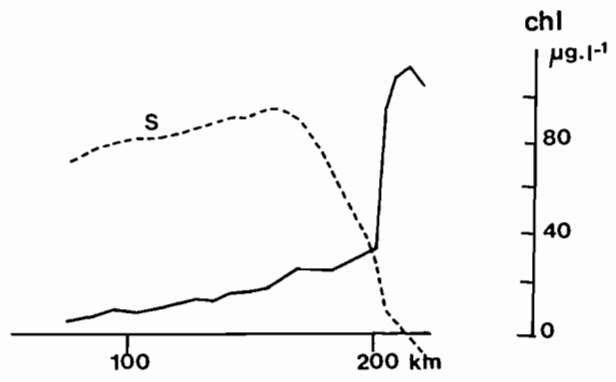
Nous avons procédé à des incubations de courte durée, en "in situ simulé", et en employant le 14 C.

(*) Il semble qu'une salinité de 100 ‰ environ devienne limitante quant à la production de biomasse. Ce fait est connu pour *Dunaliella salina* (BEN AMOTZ et AVRON, 1983) en culture. Il est à remarquer que, en juin 1986, l'eau à plus de 120 ‰ a pris une couleur rouille due à une forte concentration de carotène (PAGES, données non publiées), assez typique de *D. salina* en condition de "stress".

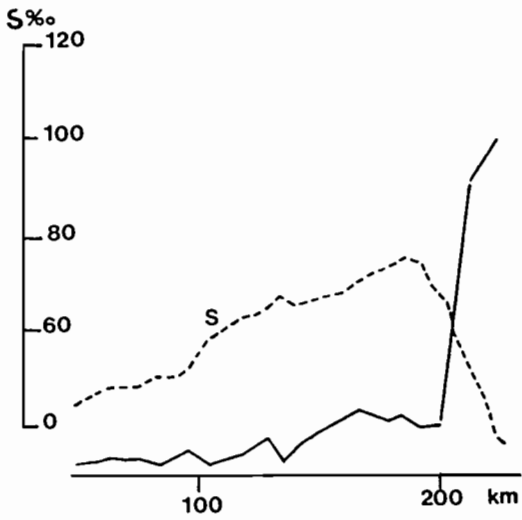
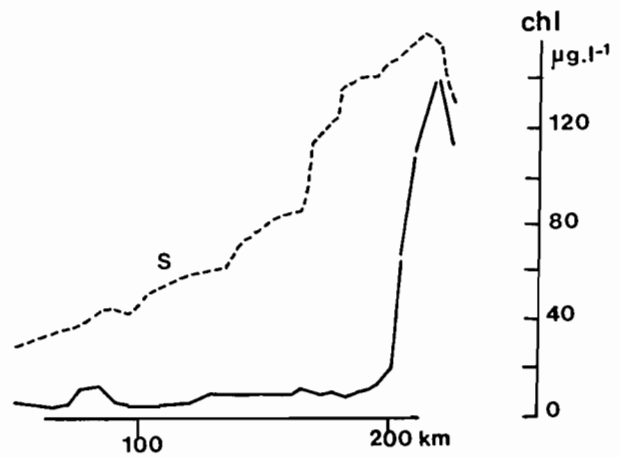
(1) Cette valeur, correcte pour un phytoplancton en bon état physiologique, n'est probablement pas acceptable ici, en bonne logique. Elle nous permet cependant une estimation grossière.



octobre 84



décembre 84

m
mars 85

mai 85

Fig. 10.- Variation spatio-temporelle de la chlorophylle.

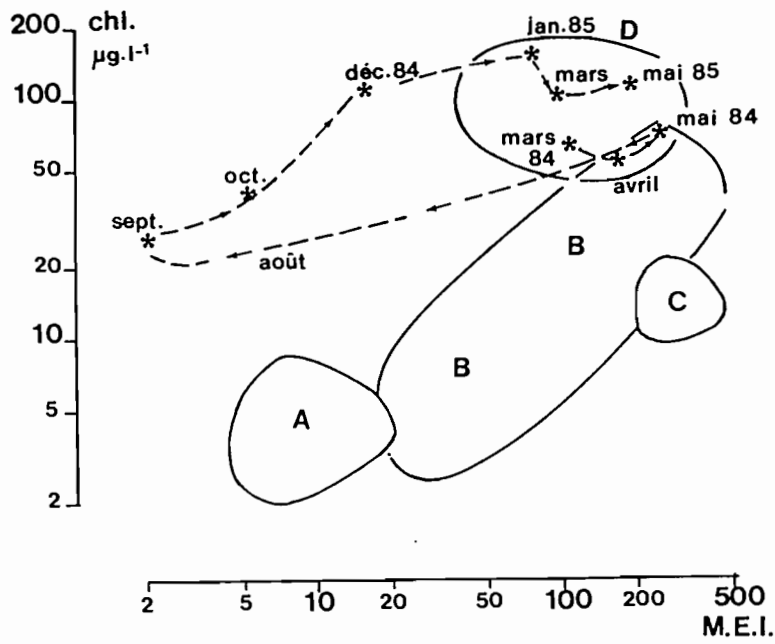


Fig. 11.- Relation entre la concentration en chlorophylle et l'index morpho-edaphique.

- A : portion en aval de la st. 13
- B1 : sta. 17 à 27
- B2 : St. 28 à 31
- C : st. 32 et 33, fin de saison sèche
- D : portion amont
- * : station 38

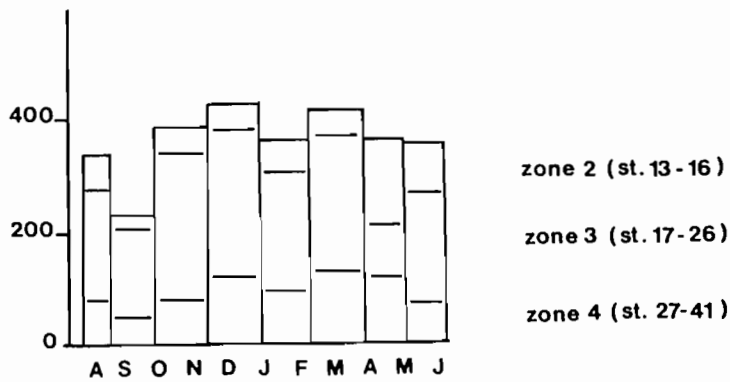


Fig. 12.- Variation de la biomasse phytoplanktonique (en tonnes de carbone), par zones, sur l'année.

2.1.2.1. Effet de l'éclairement

L'analyse des courbes de réponse de la production à des irradiations différentes montre que, dans l'ensemble, les populations phytoplanctoniques s'adaptent au régime photique au cours de l'année.

2.1.2.2. Production "absolue" (par unité de volume)

La production P1 (exprimée en $\mu\text{gat C.l}^{-1}.\text{hr}^{-1}$) est, bien sûr, forte en amont. Le maximum relevé est de $90 \mu\text{gat C.l}^{-1}.\text{hr}^{-1}$. Au cours de l'année, les valeurs les plus fortes sont mesurées au cours de l'hivernage en amont.

La production intégrée ($\Sigma_z P1$) présente un maximum absolu en août, à la station 25. Au cours de la saison sèche, une décroissance se manifeste d'abord en aval, puis gagne vers l'amont.

Le calcul de la production globale ($\Sigma_{xyz,t} P1$) est risqué, à ce stade du travail(1); nous l'avons cependant tenté. Le résultat (fig. 13) indique une production maxima en fin de saison des pluies (ou en fin de crue).

La production totale des différentes zones peut être estimée pour l'année 84-85 (entre le 7.8.84 et le 20.6.85). Nous aboutissons (tableau 1) à un total de près de 15 000 tonnes de carbone.

2.1.2.3. Production spécifique

La production par unité de biomasse ("nombre d'assimilation") est forte pendant l'hivernage, avec un maximum dans la portion médiane ($20 \mu\text{g C}(\mu\text{g chl.hr})^{-1}$ entre les stations 25 et 30). Elle diminue en saison sèche. Nos chiffres, bien que forts, restent plausibles en regard de la littérature (MOREL, 1978 ; LEMOALLE, 1981 ; PAGES et al., 1981).

Nous avons tenté de calculer le taux de production par zone (toujours en admettant $C = 50 \text{ Chl}^{(2)}$).

Le rapport P/B varie entre 3 et 20 % par jour (fig. 14). Les zones médiane et amont ont des "turn-over", forts, surtout en période de crue. Il serait intéressant d'avoir des données détaillées de "grazing" par les poissons phytophages (Tilapia, Sarotherodon).

2.1.2.4. Variations de CID et O_2 par l'effet de la photosynthèse

En comparant les variations de CID et O_2 in situ pendant la journée, à la fois entre elles et à l'assimilation photosynthétique calculée (tableau 2), nous voyons que la station 38 est la seule où les variations in situ de CID et O_2 sont du même ordre, et donc dépendant uniquement de la photosynthèse. Aux autres stations, l'accord est moins bon ; des processus non photosynthétiques (chimiques et/ou bactériens) interviennent.

2.2. PHYTOBENTHOS

Nous n'avons pas encore pu procéder à des mesures de la production benthique. Elle est sans doute non négligeable. En effet :

- a. selon nos relevés bathymétriques, les fonds situés encore dans la zone euphotique représentent, selon les stations, de 30 à 60 % de la surface.
- b. d'après la littérature, la production du phytobenthos est de l'ordre de $100 \text{ g C par m}^2 \text{ par an}$, donc comparable à celle du phytoplancton (PLANTE-CUNY, 1984).

(1) Nos chiffres de production (^{14}C) estiment plutôt la production brute; les extrapolations sur la journée sont peu précises.

(2) et en admettant que la production mesurée (à une station, une date, et une heure données) a lieu pendant 8 heures, et que le "dark carbon loss" est de 25 %. (Cette dernière donnée d'après nos quelques mesures).

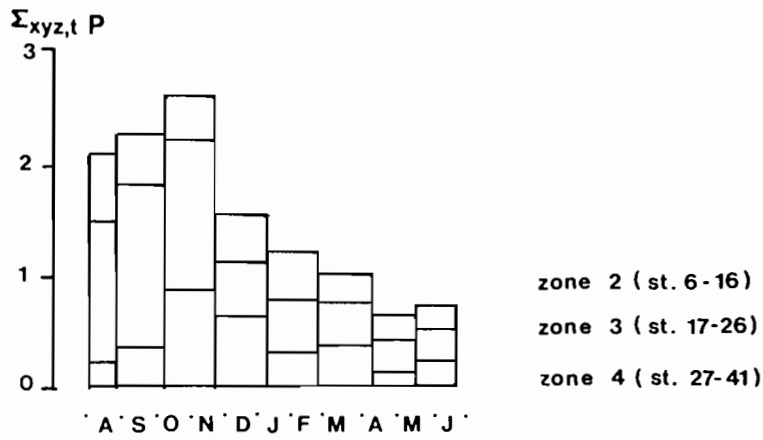


Fig. 13.- Variation annuelle de la production intégrée, en milliers de tonnes de carbone sur la période, par zone.

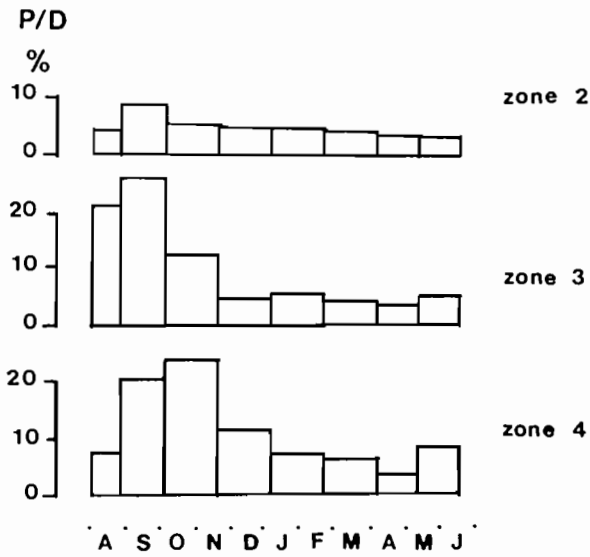


Fig. 14.- Variation annuelle du taux de production en % par jour, par zones.

2.3. MANGROVE

2.3.1. Répartition

La surface actuelle de la mangrove est d'environ 800 km², en nette diminution par rapport à 1975 (950 km²). Les transformations qualitatives sont encore plus importantes : les *Rhizophora* ont regressé de près de 70 %, les *Avicennia* reculent, les tannes vifs et les tannes submergés sont en expansion (MARIUS, 1984).

La salinité joue le rôle principal dans ce recul. Des essais sur la résistance d'*Avicennia* au sel n'ont pas été concluants. La sur-exploitation joue aussi un rôle, du moins dans certains secteurs (soit très peuplés, soit soumis à la cueillette des huîtres).

2.3.2. Biomasse

La mangrove haute (plus de 6 m) est constituée de *Rhizophora*. Elle représente de 10 à 60 tonnes de biomasse par ha. La mangrove basse peut être constituée de *Rhizophora* ou d'*Avicennia*. Selon qu'elle est dense ou dégradée, sa biomasse varie de 2 à 27 tonnes par ha.

Nous retiendrons que les feuilles contiennent environ 1 % de N en poids sec.

2.3.3. Production de litière

La chute des feuilles, plus ou moins continue, constitue un apport de matière organique. Il est difficile de quantifier la production ; une valeur médiane de 13 tonnes par ha par an semble plausible. (WOODROFFE, 1985).

On peut estimer que la plus grande partie des feuilles est reprise par les marées, et transportée. Le bilan global est incertain.

La décomposition des feuilles dans le sol (fig. 15) suit la cinétique habituelle, exponentielle. La perte de poids est assez lente, et aboutirait à une accumulation systématique de détritus. Il est probable que la libération de l'azote, et encore plus du phosphore, est plus rapide, surtout dans l'eau.

2.4. ROSELIÈRES

Les roselières à *Phragmites* occupent quelque 40 km dans l'extrême amont du fleuve.

2.4.1. Répartition et biomasse

Sur des photographies aériennes datant de 1955 (fig. 16), la portion du fleuve en amont de la station 32 apparaît bordée d'une frange presque continue de roseaux. Pour une surface d'eau libre de 13 km², les roselières couvraient près de 9 km² (tableau 3).

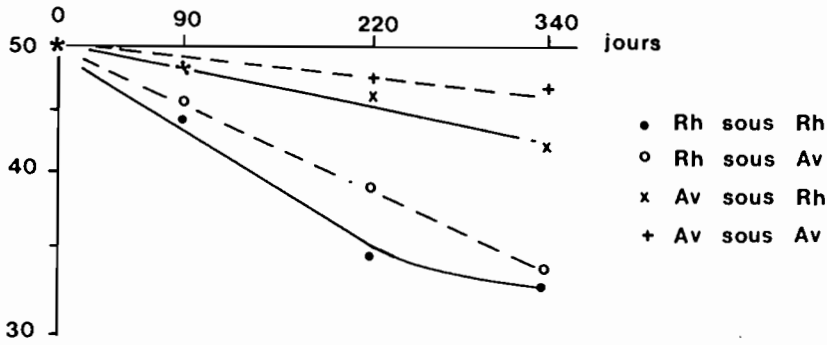


Fig. 15.- Perte de poids de feuilles enfouies de Rhizophora (Rh) ou d'Avicennia (Av.)

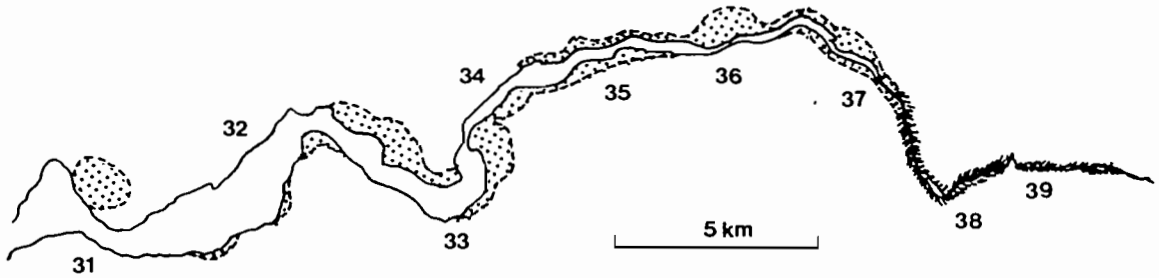


Fig. 16.- Extension des roselières en 1955 (·:·:·) et en 1986 (////)

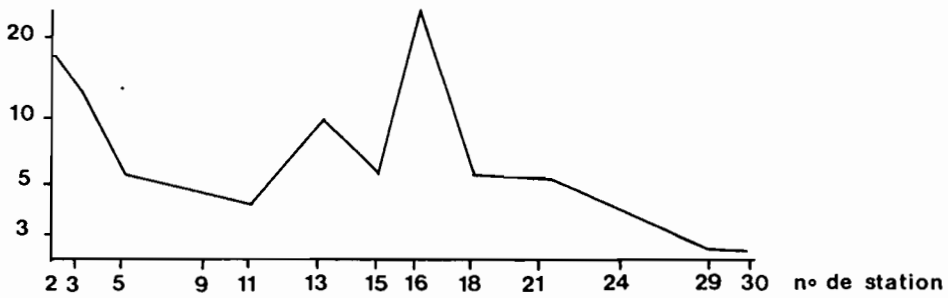


Fig. 17.- Répartition de la biomasse du zooplancton (effectifs, en 10³ individus par m³)

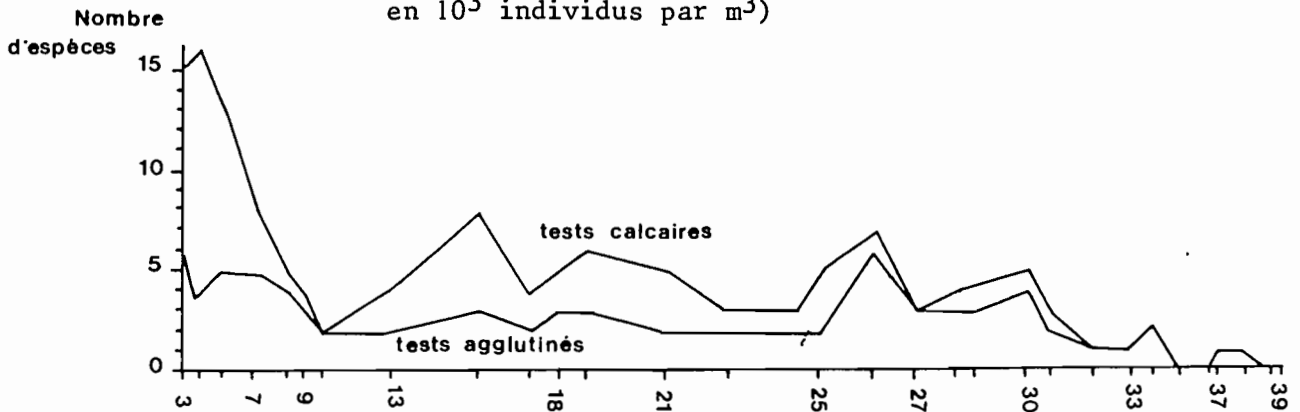


Fig. 18.- Composition spécifique des populations de microfaune benthique (Foraminifères)

A l'hivernage 1984, les roseaux n'avaient survécu qu'en amont de la station 33. En 1986, la limite a reculé jusqu'à la station 37.

Nous n'avons pas de données propres sur la production de ces roselières. Nous admettons une production de 2 kg (poids sec) par m² par an. (LEMOALLE, 1979).

2.4.2. Rôle dans l'écosystème

La production de biomasse est un premier aspect. Une quantité de l'ordre de 7 tonnes de C pourrait avoir été produite chaque année. Le rôle d'abri pour les poissons - particulièrement les juvéniles - est souvent relevé dans la littérature (BOESCH et TURNER, 1984 ; KNIGHT et BOTTORFF, 1984). Enfin, il reste à savoir quel est l'effet d'une roselière - et/ou de sa disparition - sur l'évaporation ; il semble que cette question soit âprement débattue.

3. PRODUCTION SECONDAIRE

3.1. ZOOPLANCTON

La plupart des observations est concentrée en aval de la station 18. Une très forte variabilité se manifeste à petite échelle spatio-temporelle. La marée joue un rôle capital dans la répartition verticale : les organismes tendent à se cantonner dans les couches profondes pendant la marée.

3.1.1. Variations spatiales

La diversité spécifique diminue de l'aval vers l'amont. La composition spécifique permet de distinguer une zone "maritime" en aval de la station 9, une zone d'estuaire jusqu'à la station 18 ; et une portion "anti-estuarienne" au delà. Les espèces dominantes changent également d'aval en amont. La distribution de la biomasse reflète la même division (fig. 17), avec deux pics correspondant aux deux premières zones et une biomasse diminuant fortement vers l'amont dans la 3^e zone.

3.1.2. Variations temporelles

Une forte variabilité spatio-temporelle obscurcit les éventuelles tendances à grande échelle. Il semble cependant qu'on puisse distinguer :

- une diminution générale nette des effectifs en décembre,
- une chute d'abondance, plus prononcée en aval, en début d'hivernage,
- un maximum peu prononcé pendant l'hivernage.

3.2. MICRO FAUNE BENTHIQUE

Tout le cours du fleuve a été prospecté.

La proportion des organismes vivants est assez faible, les thanatocoenoses semblent la règle (sans qu'il soit certain que ceci dépend de la saison de prélèvement).

La diversité spécifique est maximale (35 espèces) dans l'extrême aval (st. 1 à 5), caractérisé par une abondance d'ostracodes et de nombreux foraminifères à test calcaire. Au-delà de cette zone "maritime", on distingue (fig. 18) :

- une zone intermédiaire (estuarienne ?), entre les stations 7 et 18, oligo-spécifique,
- une zone hyper-haline très étendue, en amont de la station 20, pratiquement monospécifique (*Ammonium salsum*). D'après le nombre de tests, la station 30 semble correspondre à une limite entre deux sous-ensembles.
- une zone "fluviale", enfin, en amont de la station 38. Les foraminifères y sont remplacés par les thécamoebiens.

3.3. MACROBENTHOS

Une réelle étude n'a pu être menée qu'en aval de la station 18 ; nous mentionnerons quelques observations faites au-delà.

3.3.1. Variations spatiales

On peut, là aussi, distinguer plusieurs zones :

- a) une zone d'influence maritime, en aval de la station 12, centrée sur la station 7 ;
- b) une zone de transition, "estuarienne", jusqu'à la station 18, qui montre une prolifération d'espèces classiquement estuariennes (dont *Modiolus elegans* (parfois très abondante) et *Scalloples chevalieri*). La diversité spécifique ne chute sérieusement qu'en amont de la station 15 ; il n'apparaît pas de gradient net sur la biomasse totale ;
- c) une zone amont, mal étudiée, et mal définie. Nous avons relevé des accumulations de coquilles vides de *Tympanotonus* aux stations 25 et 31, sur le rivage, et à la station 28, sur les berges inondables. Quelques crabes subsistent encore à 80 %. Des balanes récents ont été remarqués jusqu'à la station 30.

3.3.2. Variations temporelles

L'abondance des mollusques augmente, aux stations 9 et 15 (donc dans les deux zones aval) en début d'hivernage. Au contraire, en fin d'hivernage (entre août et décembre), les densités et les diversités spécifiques décroissent sur l'ensemble des stations 1 - 18.

3.4. HUITRES

Les huîtres de palétuvier (*Crassostrea gasar*) occupent, sur le cours principal et les bolons, l'équivalent de la "zone de transition" du macrobenthos. Nous ne disposons pas de relevés quantitatifs de la population en place. La récolte pourrait fournir une estimation ; la forte incertitude sur les poids frais commercialisés (entre 1 000 et 20 000 tonnes" (CORMIER-SALEM, 1986 . . .) et sur les surfaces exploitées rend hasardeuse toute extrapolation. On rappellera cependant que la pêche ne fournit que 2 000 à 4 000 tonnes (poids frais)).

4. PRODUCTION TERTIAIRE

4.1. ICHTHYOFAUNE (POISSONS)

Les exposés qui suivent traiteront en détail du sujet. Nous relèverons simplement que la diversité spécifique décroît fortement vers l'amont, avec une communauté de prédateurs en aval, une population presque monospécifique de détritivores ou phytophages en amont.

Il est remarquable que la biomasse globale (estimée par les prises) reste assez constante sur les 3 zones délimitées par nos collègues (tabl. 1). Si on rapporte les prises à la surface en eaux, on constate que la productivité est nettement plus forte en amont ("zone 4") qu'en aval ("zone 2").

4.2. AVIFAUNE (OISEAUX)

Nous ne disposons pas de relevés assez fréquents pour pouvoir estimer les variations temporelles d'abondance. De même, la mangrove en aval de Ziguinchor n'a pas fait l'objet (à notre connaissance) de relevés ; trois missions ont été faites en amont de Ziguinchor (DEBENAY, données non publiées GUILLOU, 1986).

La biomasse estimée (fig. 19) présente deux minima vers les stations 18 - 19 (1) et 32 - 33. Outre des pics isolés, dus à des rassemblement de pélicans, des valeurs fortes apparaissent en extrême amont (st. 36 à 39). Ces variations se retrouvent, encore amplifiées, au niveau de la densité au km² (d'eau libre).

La diversité spécifique est très faible aux stations 18 - 19 (2 ou 3 espèces). Elle est forte (12 à 14 espèces) dans la portion d'extrême amont (st. 36 à 39), dans les roselières ; la station 31 semble marquer une limite.

4.3. MACROFAUNE

Des plate-formes d'affût pour la chasse au lamantin existent encore le long du fleuve (st. 26 par ex.). Nous n'avons réellement vu un lamantin qu'une seule fois (st. 37 en juin 1986) ; plusieurs fois, des remous ont été observés, surtout à la station 37. Aucun crocodile n'a été vu, mais les conditions d'observations étaient peu favorables (trajets de jour, généralement au milieu du fleuve). Les hippopotames, abondants sur le Soungrougrou vers 1960, sont réputés entièrement disparus ; la chasse a sans doute contribué à leur extinction.

(†) la faible abondance à la station 18 peut aussi être un artefact : la largeur considérable du fleuve, là plus qu'ailleurs, biaise fortement les observations.

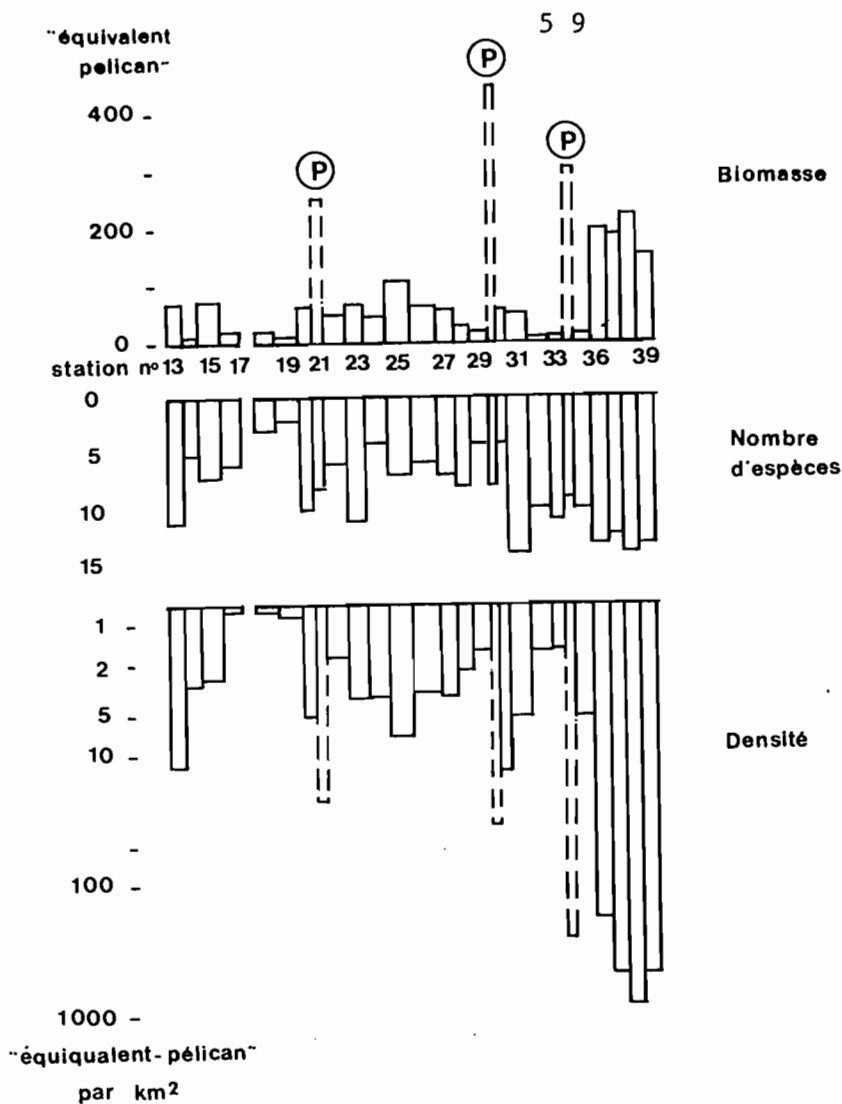


Fig. 19.- Distribution de l'avifaune en avril 1985.
 (P) signale les concentrations de pélicans.

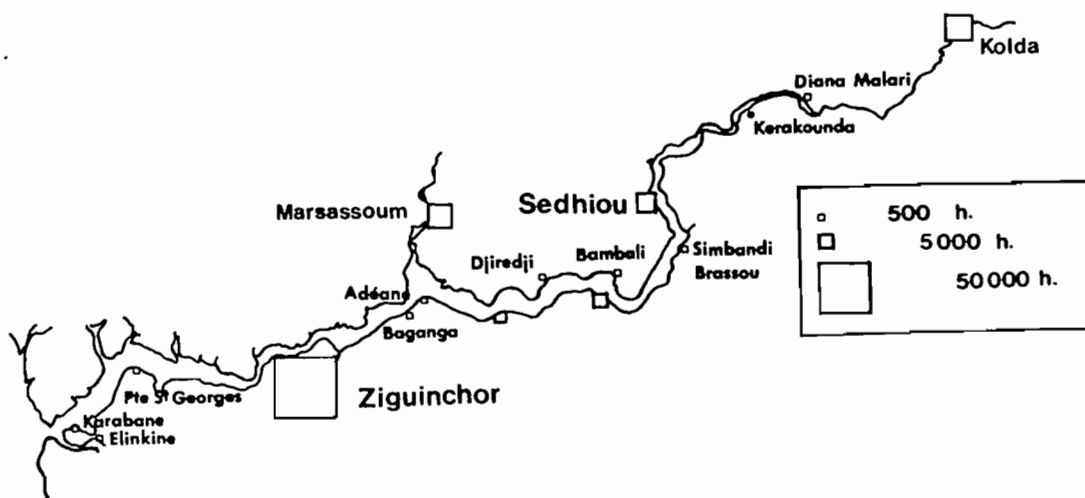


Fig. 20.- Répartition de la population humaine.

4.4. POPULATION HUMAINE

Dans l'ensemble, la population est assez réduite le long du fleuve. Ziguinchor (st. 13) et Sédhiou (st. 29) sont les agglomérations les plus importantes (fig. 20). Nous pouvons difficilement estimer l'importance des rejets d'après les chiffres habituels en Europe, en l'absence fréquente de système de collecte des eaux-vannes (1)

La "pression de prédation" exercée par la pêche sera décrite par nos collègues.

5. CONCLUSION PARTIELLE

La sursalure observée ces dernières années dans la partie médiane et haute de la Casamance est assez spectaculaire pour monopoliser l'attention.

L'observateur est tenté de considérer la salinité comme le facteur-clé. On peut cependant considérer, selon un concept redevenu d'actualité, que la Casamance constitue un système "paralique" typique, dominé par le confinement. La salinité ne serait alors qu'une conséquence, parmi d'autres, du confinement (2) (GUELORGET et PERTHUISOT, 1983). De nombreuses autres caractéristiques seraient à mettre sur le même plan ; la diminution de la diversité spécifique est classique dans ces milieux.

Ce système présente cependant une originalité : ses caractéristiques actuelles (notamment le caractère hyper-halin) sont relativement récentes. Sa chimie est, de ce fait, assez remarquable, avec une réserve exceptionnelle de matière organique en amont, et des apports d'eau douce restreints, certes, mais non nuls. La portion à forte variabilité, qui sélectionne des communautés oligo-spécifiques, très adaptables, reste aussi productive.

Enfin, diverses observations en chimie et en physique laissent penser que les mélanges horizontaux sont assez lents. On peut alors imaginer que, dans la partie médiane et haute du fleuve, les masses d'eau oscillent (sur une marée autant que sur une année) en gardant une certaine autonomie. Le temps de séjour d'une particule pourrait être supérieur à l'année dans certaines portions du cours.

C . F O N C T I O N N E M E N T D E L ' E C O S Y S T E M E

1. APPORTS NUTRITIFS

Dans les calculs très approchés qui suivent, nous admettrons une profondeur moyenne d'un mètre.

(1) Les rejets semblent ne pas aboutir au fleuve, ou être négligeables : même Ziguinchor (plus de 100.000 habitants) n'a pas d'effet évident sur le système du fleuve.

(2) La salinité pourrait cependant servir à déterminer les temps de séjour, et les taux de renouvellement et de mélange le long du cours, puisqu'il s'agit d'un paramètre à peu près conservatif. Il y a cependant deux échelles de temps : le temps "du calendrier", commun à tout le fleuve, et le temps "propre" de chaque section du fleuve ; le problème se complique.

1.1. PAR LA MER

Plusieurs raisons militent à priori contre l'hypothèse d'un enrichissement à partir de la mer :

a) l'upwelling est généralement très amorti au niveau de la Casamance, à en juger par les températures et les concentrations en NO_3^- (TOURE, comm. pers.) ;

b) les petits fonds (de faible profondeur) s'étendent assez loin pour refouler les éventuelles eaux froides, ou en épuiser les nutriments avant qu'elles ne parviennent dans le fleuve ;

c) la dérive due au vent s'opérerait plutôt vers le large (au sud et à l'ouest) que vers la terre.

d) d'après la littérature, l'enrichissement se fait plutôt des estuaires vers la mer.

Ces "raisons" a priori sont confortées par les rares mesures de chlorophylle et de sels nutritifs dont nous disposons sur la zone de transition (DIA, 1983).

1.2. PAR L'ATMOSPHERE

Les poussières atmosphériques ("harmattan") sont devenues plus fréquentes. Nous ne disposons pas de données chiffrées sur les quantités déposées. GAC et CARN (1986) arrivent à 250 g de poussières par m^2 par an, sans estimation (jusqu'ici) de N ou P.

D'après la littérature, la pluie peut apporter de 2 à 5 $\text{g.N(m}^2.\text{an)}^{-1}$, soit 0.4 à 1 gatN(1.jour)^{-1} . (LEMASSON et PAGES, 1983 ; TIMPERLEY et al., 1985).

1.3. PAR LES BERGES

Le ruissellement, nous l'avons mentionné, est faible en saison des pluies; en saison sèche, la matière organique terrestre ne se décompose pas. Les apports par les berges seront donc réduits, sauf à partir soit de cultures intensives (dont l'importance reste à définir), soit des berges inondées (qui font déjà partie du système).

1.4. PAR LES MACROPHYTES

1.4.1. La mangrove

En admettant que 800 km^2 de mangrove soient drainés dans les 1 000 km^2 du fleuve en aval de Ziguinchor, et en admettant une production de 5 tonnes de feuilles $(\text{ha.an})^{-1}$, nous arrivons à un apport de 7,5 $\text{g N (m}^2.\text{an)}^{-1}$ dans l'aval, soit 1,5 $\mu\text{gat N(1.jour)}^{-1}$. Il est probable que les apports ne sont uniformes ni dans l'espace (les bolons sont favorisés) ni dans le temps (chute et décomposition des feuilles en hivernage (?)).

1.4.2. La roselière

En admettant que les roseaux occupent trois fois la surface de l'eau libre, avec une production de 3 $\text{kg (m}^2.\text{an)}^{-1}$, l'apport serait de 18 $\mu\text{gat N (1.jour)}^{-1}$. Ce chiffre semble compatible avec les données de la littérature pour d'autres milieux (GAUDET, 1977).

1.5. PAR LE FOND

Le sédiment n'est vraiment riche en fractions fines et donc en matière organique qu'en amont de la station 20. Nous n'avons pas de mesures directes des apports. D'après la littérature, ceux-ci seraient de l'ordre de 1 à 24 μg at P et 2 à 200 μg at N (1.jour)⁻¹, toujours pour une couche homogène d'un mètre (NOWICKI et NIXON, 1985 ; POMROY et al., 1983 ; DYE, 1983).

2. PROCESSUS DE RECYCLAGE

2.1. PHYTOPLANCTON

L'excrétion du MOD, mesurée sur de courtes périodes, est faible (10 % environ de l'assimilation).

D'après la littérature (DI TORO et al., 1977), et en fonction des températures in situ, l'azote serait recyclé en 16 à 25 jours. Une biomasse correspondant à 100 μg .l⁻¹ de chlorophylle recyclerait 2 à 3 μg at N (1.jour)⁻¹.

2.2. PREDATEURS SECONDAIRES

- Le zooplancton excrète, sous forme directement assimilable, jusqu'à 15 % de son azote par jour (LEBORGNE et al., 1983). Il serait utile de disposer d'estimations de biomasse.

- Les huîtres présentes dans la mangrove recyclent nécessairement une partie des composants de la MOP absorbée. Des mesures directes seraient nécessaires, les rares données de la littérature semblant peu extrapolables (DAME et al., 1984 ; BRICELJ et MALOUF, 1984).

- L'excrétion par les poissons (phytophages en particulier) ne peut qu'être estimée. En admettant une densité de 20 tonnes (poids vif) par km² - soit 20 g.m⁻², et avec une excrétion de 2,5 μg at N.hr⁻¹. (g. poids sec)⁻¹ (BRAY et al., 1986) nous arrivons à un recyclage de 0.3 μg at N (1.jour)⁻¹.

2.3. PREDATEURS TERTIAIRES

Pour les poissons carnivores de l'aval, nous admettrons le même recyclage que pour les prédateurs planctonophages d'amont, soit 0,3 μg at N(1.jour)⁻¹.

Les oiseaux de l'extrême amont représentent une biomasse de 0.5 à 5 tonnes de poids vif par km². Des estimations (probablement discutables) (1) nous amènent à :

(1) En admettant a) 5kg de poids vif par individu, b) l'absorption de 20 % du poids vif par jour, c) un séjour de 6 mois par an, d) l'excrétion de 25 % de la ration, à 30 % de matière sèche, e) carbone à 60 % du poids sec, f) rapport atomique C/N = 10.

- a) un prélèvement de l'ordre de 100 tonnes de poisson par (km².an),
 b) une excrétion de l'ordre de 0.2 μ gat N.(1.jour)⁻¹, soit 0.5 g N (m².an)⁻¹. Ces chiffres d'excrétion semblent faibles (MURPHY et al., 1984).

3. BILAN

Bien que nous soyions conscients des très larges incertitudes qui obèrent nos chiffres (et du caractère très prématuré d'un tel essai) nous pouvons cependant tenter un bilan des apports (tabl. 4), qui fait apparaître le rôle prédominant du sédiment et des roselières.

Nous ne tenterons pas, par contre, un bilan des prélèvements : les marges d'erreur sont trop grandes, et les inconnues trop nombreuses encore. Seuls nous sont connus les prélèvements dûs à la pêche ; même ceux-ci soulèvent, à notre niveau, maintes questions (1).

4. CONCLUSION PARTIELLE

- Il semble que l'ensemble du système, mais surtout sa partie amont, soit basé sur un réseau trophique "détritique", où l'énergie solaire est à peu près le seul apport d'énergie réellement externe. Certains auteurs admettent qu'un tel système est plus fragile qu'un réseau trophique avec une "production nouvelle" prédominante.

- Si nous admettons ces prémices, la mortalité massive des roselières a pu favoriser une croissance phytoplanctonique qui, sur place, ne durera pas mais qui pourrait constituer une réserve de matière organique diffusant progressivement vers l'aval.

- La pression de l'environnement simplifie progressivement le réseau trophique vers l'amont ; en bonne logique, le rendement global du système devrait être amélioré, par ablation d'étapes intermédiaires. Les fortes concentrations de chlorophylle amènent à la même prédiction. Or les rendements, définis comme le rapport entre la photosynthèse et la pêche (tabl. 1), ne confirment pas ces prédictions. Les éléments du calcul seraient certainement à revoir.

Nous devons, entre autres, utiliser les modèles de production phytoplanctonique qui ont été développés, et bien confirmés, dans des milieux comparables ou non (LEMOALLE, 1981 ; FEE, 1979 ; HARDING et al., 1982 ; COTE et PLATT, 1984 ; FALKOWSKY et al., 1985).

D . C O N C L U S I O N G E N E R A L E

1. CARACTERE DE L'ECOSYSTEME ETUDIE

La notion du "système paralique", qui a été resuscitée assez récemment (GUELORGET et PERTHUISOT, 1983), reçoit ici une illustration remarquable. A peu près toutes les caractéristiques de tels systèmes se retrouvent (diminution de la diversité spécifique, eutrophisation en amont).

(1) Dont a) rapport (pêche : stock existant) ; b) taux d'absorption par jour ; c) taux de conversion ; d) composition chimique.

Cependant, la Casamance actuelle est un ensemble qui est probablement unique. D'une part, les salinités atteintes la mettent à part, dans les eaux naturelles ; nous ne connaissons qu'un autre exemple à salinité plus forte (lagune BOCANA de VIRRILA, au Pérou (MORRIS et DICKEY, 1957))(1). D'autre part (en amont), elle renferme une biocoenose qui fait preuve d'une résistance peu commune à des conditions également exceptionnelles, et qui parvient à éviter les "crises dystrophiques" qui semblent être de mise en pareil cas.

On objectera que la portion hypersalée représente une faible portion de l'ensemble. Nous avons montré que sa productivité reste considérable, même dans l'absolu. En outre, cette portion, hypersalée parce que confinée sous des conditions extrêmes, étend son influence sur une bonne partie du cours du fleuve (que ce soit par le sel ou par la MOD). On ne peut donc guère s'en désintéresser, même à un point de vue matérialiste.

Enfin, la Casamance représente un extraordinaire laboratoire naturel. La géologie, l'écologie - et la paléo-écologie -, et même la biotechnologie (méthanogènes hyper-halophiles) pourraient bénéficier de l'étude détaillée d'un tel milieu.

2. L'AVENIR

Nous espérons avoir montré que "la chimie" n'est pas absolument inutile, et a sa place à côté des statistiques de pêche. Afin de mieux comprendre - et donc aussi de prévoir - le fonctionnement global de l'écosystème, il reste de nombreux points à étudier.

- prévision à court et moyen terme de la pluie, et
- modélisation de la salinité, annuelle et inter-annuelle,
- étude des modifications de la composition chimique dans un milieu évaporitique naturel,
- étude du rôle et du devenir du sédiment,
- quantification des processus hétérotrophes microbiens,
- étude des régimes alimentaires des divers hétérotrophes,
- identification des facteurs limitants.

Le but général de ces études, dont la liste n'est pas limitative, sera:

- de quantifier les flux d'énergie aux différents niveaux trophiques,
- de tenter de prédire l'évolution du système selon diverses hypothèses possibles quant à la pluviométrie future.

(1) La Laguna Madre, au Texas, est plus étendue mais atteint des salinités de "seulement" 100 ‰. (HEDGPETH, 1967).

B I B L I O G R A P H I E

- BAILLIE (P.W.), 1986.- Oxygenation of intertidal estuarine sediments by benthic microalgal photosynthesis. Estuar. coast. Shelf Sci. 22/2 : 143-159
- BEN AMOTZ (A.), AVRON (M.), 1983.- On the factors which determine massive β -carotene accumulation in the halotolerant alga Dunaliella bardawil. Plant. Physiol. 72 : 593-597.
- BOESCH (D.F.) and TURNER (R.E.), 1984.- Dependence of fishery species on salt marshes : The role of food and refuge. Estuaries 7/4A : 460-468
- BOTO (K.G.) and WELLINGTON (J.T.), 1984.- Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest. Estuaries 7.1 : 61-69.
- BRAY (R.N.), PURCELL (L.J.) and MILLER (A.C.), 1986.- Ammonium excretion in a temperate-reef community by a planktivorous fish, Chromis punctipinnis (Pomacentridae), and potential uptake by young giant kelp, Macrocystis pyrifera (Laminariales). Mar. Biol. 90/3 : 327-334.
- BRICAUD (A.), MOREL (A.) and PRIEUR (L.), 1981.- Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. Limnol. Oceanogr. 26/1 : 43-53.
- BRICELJ (V.M.) and MALOUF (R.E.), 1984.- Influence of algal and suspended sediment concentrations on the feeding physiology of the hard clam Mercenaria mercenaria. Mar. Biol. 84/2 : 155-165.
- BRUNET-MORET (Y.), 1970.- Etudes hydrologiques en Casamance : Rapport définitif. ORSTOM, Serv. Hydrol. : 52 pp.
- COLBURN (E.A.), 1981.- Environmental variability in a saline desert stream, and some implications for aquatic life. in : Developments in arid zone ecology and environmental quality. Shuvai H.I. ed.: 147-156.
- COTE (B.) and PLATT (T.), 1984.- Utility of the light saturation curve as an operational model for quantifying the effects of environmental conditions on phytoplankton photosynthesis. Mar. Ecol. (Prog. Ser.) 18/1-2 : 57-66
- DAME (R.F.), ZINGMARK (R.G.) and HASKIN (E.), 1984.- Oyster reefs as processors of estuarine materials. J. exp. mar. Bio. Ecol. 83/3 : 239-247.
- DI TORO (D.M.), THOMANN (R.V.), O'CONNOR (D.J.) and MANCINI (J.L.), 1977.- Estuarine phytoplankton biomass models. Verification analysis and preliminary applications. in : The sea. E.D. Goldberg, I.N. Mc Cave, J.J. O'Brien, J.H. Steele (eds.), vol. 6 : 969-1020.
- DYE (A.H.), 1983.- Oxygen consumption by sediments in a Southern African mangrove swamp. Est. Coast. Shelf Sci., 17/4 : 473-478.
- FALKOWSKI (P.G.), DUBINSKY (Z.) and WYMAN (K.), 1985.- Growth-irradiance relationships in phytoplankton. Limnol. Oceanogr. 30/2 : 311-321.

- FEE (E.J.), 1979.- A relation between lake morphometry and primary productivity, and its use in interpreting whole-lake eutrophication experiments. Limnol. Oceanogr. 24/ : 401-416.
- FRITZ (B.), 1975.- Etude thermodynamique et simulation des réactions entre minéraux et solutions. Applications à la géochimie des altérations et des eaux continentales. Mém. Soc. Géol. 41 : 152 pp.
- FRITZ (L.W.), LUTZ (R.A.), FOOTE (M.A.) VAN DOVER (C.L.) and EWART (J.W.) 1984.- Selective feeding and grazing rates of oyster (Crassostrea virginica) larvae on natural phytoplankton assemblages. Estuaries 7/4B : 506-512.
- GAUDET (J.) 1977.- Uptake, accumulation and loss of nutrients by papyrus in tropical swamps. Ecology 58 : 415-422.
- GUELORGET (O.) et PERTHUISOT (J.P.), 1983.- Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. Trav. Géol. Ecole Normale Sup. (Paris), 16 : 136 pp.
- HARDING (L.W.), PREZELIN (B.B.), SWEENEY (B.M) and COX (J.L), 1982.- Diel oscillations of the photosynthesis - irradiance (P-I) relationship in natural assemblages of phytoplankton. Mar. Biol. 67 (2), 167-178 "
- HARE (F.K.), 1983.- Climate and desertification : A revised analysis. WCP-44 : 149 pp. (WCAP/WMO/UNEP).
- HARRISON (W.G), PLATT (T.) and LEWIS (M.R.), 1985.- The utility of light-saturation models for estimating marine primary productivity in the field : a comparison with conventional "simulated" in situ methods. Can. J. Fish. aquat. Sci. 42/5 : 864-872.
- HEDGPETH (J.W.), 1967.- Ecological aspects of the laguna Madre, a hypersaline estuary. in : Estuaries : Ecology and populations. Ed. by G.H Lauff. Am. Assoc. Adv. Sci. Publ. n° 83 : 408-419.
- JAVOR (B.J.), 1983.- Planktonic standing crop and nutrients in a saltern ecosystem. Limnol. Oceanogr. 28/1 : 143-159.
- KEPKAY (P.E.) and ANDERSEN (F.Oc), 1985.- Aerobic and anaerobic metabolism of a sediment enriched with Spartina detritus. Mar. Ecol. (Progr. Ser.) 21/1-2 : 153-161.
- KISHINO (M.), BOOTH (C.R.) and OKAMI (N.), 1984.- Underwater radiant energy absorbed by phytoplankton, detritus, dissolved organic matter, and pure water. Limnol. Oceanogr. 29/2 : 340-349.
- KNIGHT (A.W.) and BOTTORFF (R.L.), 1984.- The importance of riparian vegetation to stream ecosystems. in : California Riparian Systems : Ecology, conservation and management - (Davis (CA), 17-19 Sep. 81), Warner RE, Hendrix KM. (eds).
- LE BORGNE, HERBLAND, LE BOUTEILLER et ROGER, 1983.- Biomasse, excrétion et production du zooplancton-micronecton hauturier du Golfe de Guinée. Relations avec le phytoplancton et les particules. Océanogr. trop. 18/2 : 419-460.

- LEHMAN (J.T.), 1980.- Release and cycling of nutrients between planktonic algae and herbivores. Limnol. Oceanogr. 25/4 : 620-632.
- LEMASSON (L.) et PAGES (J.), 1982.- Apports de phosphore et d'azote par la pluie en zone tropicale (Côte d'Ivoire). Rev. Hydrobiol. trop., 15/1 : 9-14.
- LEMASSON (L.), PAGES (J.) et CREMOUX (J.L.), 1982.- Echange d'éléments nutritifs dissous entre l'eau et le sédiment dans une lagune tropicale saunâtre. Océanogr. trop. 17/1 : 45-58.
- LEMOALLE (J.), 1979.- Biomasse et production phytoplanctoniques du lac Tchad (1968-1976). Relations avec les conditions du milieu. Paris. ORSTOM:311 pp.
- LEMOALLE (J.), 1981.- Photosynthetic production and phytoplankton in the euphotic zone of some african and temperate lakes. Rev. Hydrobiol. trop. 14/1 : 31-37.
- LE RESTE (L.), 1984.- Etude des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). in : Kapetsky J.M. and Lasserre G. (eds) : Management of coastal lagoon fisheries. Stud. Rev. GFCM/CGPM (61) vol. 1 : 253-269.
- LERMAN (A.), 1977.- Migrational processes and chemical reactions in interstitial waters. in : The Sea. E.D. Goldberg, I.N. Mc Cave, J.J. O'Brien, J.H. Steele (eds). vol. 6 : 695-738.
- LESACK (L.F.W.), HECKY (R.E.), and MELACK (J.M.), 1984.- Transport of carbon, nitrogen, phosphorus and major solutes in the Gambia river, West africa. Limnol. Oceanogr., 29/4 : 816-830.
- LHOMME (F.), 1974.- Observations hydrologiques effectuées sur le Sine-Saloum dans le cadre du programme "crevettes" de 1967 à 1974. CRODT Arch. 8 - 32 pp.
- MANTOURA (R.F.C.) and WOODWARD (E.M.S), 1983.- Conservative behaviour of riverine dissolved organic carbon in the Severn Estuary : chemical and geochemical implications. Geochim. cosmochim. Acta 47 - 1293-1309.
- MARIUS (C.), 1985.- Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Trav. Doc. ORSTOM n° 193 : 357 pp.
- MEGARD (R.O.), SETTLES (J.C.), BOYER (M.A.) and COMBS (W.S. (Jr), 1980.- Light, Secchi disks and trophic states. Limnol. Oceanogr. 25/ : 373-377.
- MORRIS (R.C.) and DICKEY (P.A.), Modern evaporite deposition in Peru. AAPS Bull. 41 : 2467-2474.
- MURPHY (S.M.), KESSEL (B.) and VINING (L.J), Waterfowl populations and limnologic characteristics of taiga ponds. J. Wildl. Manage. 48/4 : 1156-1163

- NOWICKI (B.L.) and NIXON (S.W.), 1985.- Benthic nutrient remineralization in a coastal lagoon ecosystem. Estuaries 8/2B : 182-190.
- PAFFENHOFER (G.A.) and GARDNER (W.S.), 1984.- Ammonium release by juveniles and adult females of the sub. tropical marine copepod Eucalanus pileatus. J. Plankton Res., 6/3 : 505-517.
- PAGES (J.) et LEMASSON (L.), 1981.- Mesure de la production primaire dans une lagune tropicale : II : Bilan de la production par la méthode au ^{14}C . Rev. Hydrobiol. trop. 14/3 : 213-222.
- PAGES (J.), LEMASSON (L.) and DUFOUR (P.), 1981.- Primary production measurement in a brackish tropical lagoon. II : Effect of light, as studied at some stations by the ^{14}C method. Rev. Hydrobiol. trop. 14/1 : 3-15.
- PLANTE-CUNY (M.R.), 1984.- Le microphytobenthos et son rôle à l'échelon primaire dans le milieu marin. Oceanis : 10/4 : 417-427.
- POMROY (A.J.), JOINT (I.R.) and CLARKE (K.R.), 1983.- Benthic nutrient flux in a shallow coastal environment. Oecologia (Berlin) : 60 : 306-312.
- REITAN (C.H.) et GREEN (C.R.), 1968.- Appraisal of research on weather and climate of desert environments. in : Deserts of the world. W.G. McGinnies, B.J. Goldman, P. Paylore (eds). The University of Arizona Press, 1968 : 21-92.
- RUSH-FORTH (S.R.) and FELIX (E.A.), 1982.- Biotic adjustments to changing salinities on the Great Salt Lake, Utah, USA. Microb. Ecol. 8/2 : 157-161
- TIMPERLEY (M.H.), VIGOR-BROWN (R.J.), KAWASHIMA (M.) and ISHIGAMI (M.), 1985.- Organic nitrogen compounds in atmospheric precipitation : their chemistry and availability to phytoplankton. Can. J. Fish. aquat. Sci. 52/6 : 1127-1131.
- WOLANSKI (E.), 1986.- An evaporation-driven salinity maximum zone in Australian tropical estuaries. Est. coast. Shelf Sci., 22 : 415-424.
- WILLIAMS (W.D.), 1985.- Biotic adaptations in temporary lentic waters, with special reference to those in semi-arid and arid regions. Hydrobiologia 125 : 85-110.
- WOODROFFE (C.D.), 1985.- Studies of a mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand
1. Mangrove biomass and production of detritus.
2. The flux of organic and inorganic particulate matter. Est. coast. Shelf Sci. 20/3 : 265-280, 20/4 : 447-461.
- YELVERTON (G.F.) and HACKNEY (C.T.), 1986.- Flux of dissolved organic carbon and pore water through the substrate of a Spartina alterniflora marsh in North Carolina. Est. coast. Shelf Sci., 22/2 : 255-267

DISCUSSION

Observations de mi-juin 1986 :

- Salinité maximale supérieure à 175 ‰.
- Présence d'eaux rouges (*Dunaliella salina* ?)
- régression totale des roselières.

Le caractère nettement évolutif du système est souligné. En outre, il est rappelé les corrélations mises en évidence par L. LE RESTE pour la salinité à Ziguinchor, qui soulignent la rémanence des effets de la sécheresse des années antérieures.

L'absence constatée de crises dystrophiques est discutée en comparaison avec d'autres milieux. Le régime nyctéméral des vents semble jouer de façon favorable.

Q. : La sursalure limite-t-elle l'activité bactérienne (minéralisation de la matière organique) ?

R. : La question reste à l'étude. Il a été observé que pour une salure de 120 ‰, il reste une activité minéralisatrice notable.

Mme LE BOUTEILLER présente son poster sur la biomasse, la diversité et la richesse spécifique du macrobenthos entre Djogue et Adéane.

Suite à une discussion sur la comparaison entre les fonctionnements de la Lagune Ebrié et de la Casamance, JR DURAND souligne la différence d'approche qui a été suivie : progressive et de longue durée en Côte d'Ivoire, démarrage plus intensif sur un éventail plus large dès le début en Casamance.

Pagès Jean, Badiane S., Debenay J.P., Diouf P.S., Le Bouteiller Catherine (1986)

Les mécanismes de production dans l'estuaire de la Casamance

In : Le Reste Louis (ed.), Fontana André (ed.), Samba A. (ed.)
L'estuaire de la Casamance : environnement, pêche, socio-économie

Dakar : ISRA/CRODT, 39-69

Séminaire ISRA sur la Pêche Artisanale en Casamance,
Ziguinchor (SEN), 1986/06/19-24