

Conséquences sédimentologiques de l'évolution climatique fini-Holocène (10²-10³ ans) dans le delta du Saloum (Sénégal)

Jean-Paul BARUSSEAU (1) (2), El Hadji Salif DIOP (1),
Pierre GIRESE (2), Jacques MONTEILLET (2),
Jean-Luc SAOS (3)

RÉSUMÉ

La région du delta du Saloum, entre la presqu'île du Cap Vert et la Gambie est marquée par une évolution liée aux phénomènes qui accompagnent la progression vers le sud des zones sahéliennes. La manifestation la plus évidente est une régression de la mangrove au nord du delta. Plusieurs facteurs physiques traduisent également ce changement. On note d'abord une intensification des chutes de poussières atmosphériques étudiées en 5 stations du littoral sénégal-mauritanien. Rapportés à ceux de Dakar, les dépôts éoliens sont plus importants au nord (Nouakchott) et à l'intérieur (Kaolack) mais plus faibles en bord de mer (Saint-Louis) et au sud (Ziguinchor). Granulométriquement, il s'agit d'un silt faiblement argileux mais parfois tendant vers les sables fins. Un second facteur est la pénétration massive d'eau de mer liée à un « fonctionnement estuarien inverse » des embouchures des trois bras principaux du delta.

Les dépôts qui s'accumulent au niveau des différents sous-systèmes deltaïques (tannes, vasières, bancs, chenaux) sont bien caractérisés granulométriquement. Dans les tannes et vasières, on observe, en sondage, la constance d'une couche silto-sableuse d'épaisseur métrique surmontant des niveaux vaseux. L'origine de cette couche est discutée et finalement rapportée à l'accroissement observé des lithoméléores. L'évolution séculaire du climat vers la sécheresse dans la région représente dans ces conditions une pulsation plus marquée d'une tendance cependant générale.

MOTS-CLÉS : Milieu deltaïque — Sédimentation éolienne — Phase climatique — Sénégal.

ABSTRACT

SEDIMENTOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE RECENT CLIMATIC EVOLUTION IN THE SALUM DELTA (SENEGAL)

The Sine-Saloum delta is located in a marginal situation between the sahelian and soudanian climatic zones. Deltaic environment is composed of major channels opened to the sea (Saloum, Diombouze and Bandiala), inter-connecting channels, tidal flats covered by mangrove, bare surfaces — particularly in the North — named "tannes".

The distribution of the vegetal formation emphasizes a recent drastic change in the environmental conditions.

Two other physical factors show also this change. First the dust falls have been increasing during the last ten or fifteen years. They have been studied in five stations from Nouakchott in Mauritania to Ziguinchor in the South Senegal. The grain size distribution of these particles is a silt with a trend to fine sands. The current and salinity patterns also point out the clear influence of dryness. From current-meter measurements, it can be seen the constant

(1) Faculté des Sciences, Université de Dakar, Dakar, Sénégal.

(2) Centre de recherches de sédimentologie marine, U.E.R. des sciences exactes et naturelles, Université de Perpignan, avenue de Villeneuve, 66025 Perpignan, France.

(3) Centre ORSTOM, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

input of seawater in the deltaic mangrove swamps and tannes with an excess of tidal inflow with respect to outflow. Consequently salinity is higher in the channels than in the sea. Each channel works like a reverse estuary.

The sedimentary distribution of sediments has been compared in all the deltaic subenvironments. In mangrove swamps and tannes the upper layer of sediments is made of a silt-fine sand material topping a mud layer. The origin of this relatively coarse sediment is discussed (input from the sea, trapping...) and finally the aeolian origin is recognized due to the identity of textural characteristics.

KEY WORDS : Deltaic environment — Aeolian sand deposits — Desert encroachment — Senegal.

INTRODUCTION

Les résultats présentés ici sont le fruit de la collaboration interdisciplinaire, en 1982-1983, d'un groupe de travail principalement basé à Dakar. L'étude des écosystèmes côtiers revêt une grande importance dans les régions du monde soumises à un glissement climatique notable en raison de la sensibilité de ces milieux aux facteurs ambiants. La zone côtière, dans laquelle nous incluons ici les domaines de vasières à mangrove et d'estuaire est, en effet, fondamentalement et à tout point de vue, une région d'équilibre dynamique et d'échange. Que survienne une perturbation même légère et le bilan équilibré (bilans sédimentaire, hydrologique, phytosociologique...) se détruit; l'écart à la norme peut alors rapidement s'élargir. Le choix du domaine étudié a donc été dicté par la nécessité de se placer dans une zone à fort gradient climatique et à sensibilité maximale. La région du Saloum nous a paru, à cet égard, offrir un champ d'étude particulièrement bien ajusté à ces conditions (fig. 1).

Placé entre les zones sahélienne et soudanienne, elle constitue un site remarquable par l'existence d'une mangrove étendue qui est la formation de ce type la plus septentrionale de l'Afrique de l'Ouest si l'on excepte les témoins très dégradés de la Somone et du fleuve Sénégal et les reliques mauritaniennes. En outre, dans le Quaternaire récent, l'exemple de domaines analogues de la région illustre l'ampleur des transformations qui peuvent éventuellement se produire sous l'influence de modifications générales d'ordre climatique et océanographique, par ailleurs assez faibles (MONTEILLET *et al.*, 1981).

L'environnement physique du Saloum est habituellement décrit comme un delta. En réalité, cette terminologie est en partie impropre, car il ne fonctionne pas actuellement sur le modèle des zones deltaïques typiques (BOOTHROYD, 1985; WRIGHT, 1985; ALLEN *et al.* 1979) bien que son colmatage initial évoque les deltas de type Fly (GALLOWAY, 1975) ou Ord River (type II de WRIGHT). Cependant, en l'absence d'une définition plus appropriée, nous conserverons dans la suite l'expression conventionnelle « delta du Saloum » pour désigner la région.

Le delta du Saloum (fig. 2) est composé de trois bras ayant un débouché direct sur la mer : le Saloum

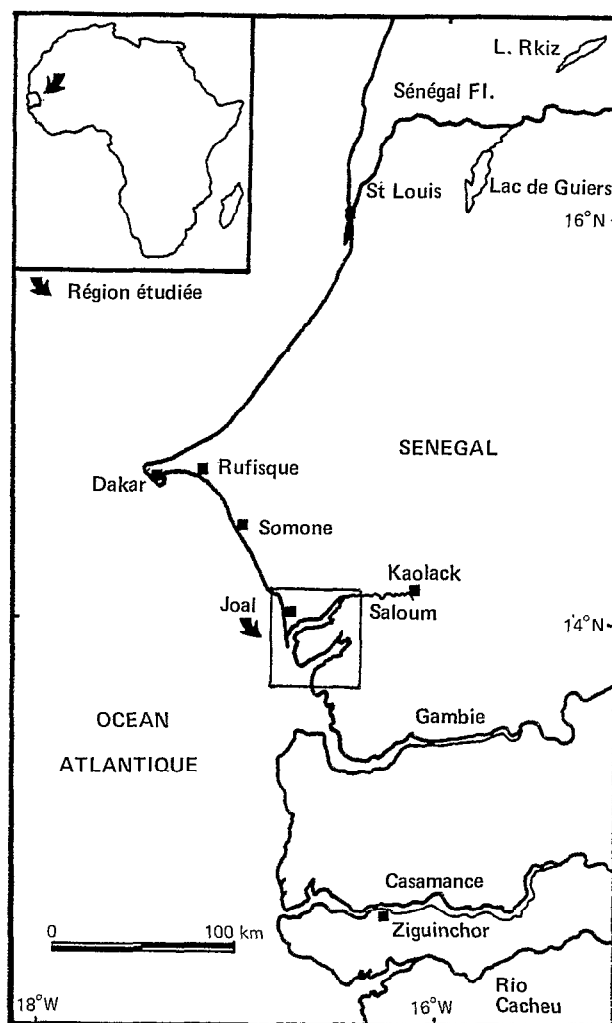


FIG. 1. — Carte de la zone étudiée
Map of the studied zone

lui-même au nord, le Diomboss au centre et le Bandiala au sud. Ces bras sont les équivalents de trois rias caractérisées par un fonctionnement estuarien d'un type particulier que nous préciserons dans la suite. Ces distributaires principaux sont interconnectés par des chenaux, en général peu profonds,

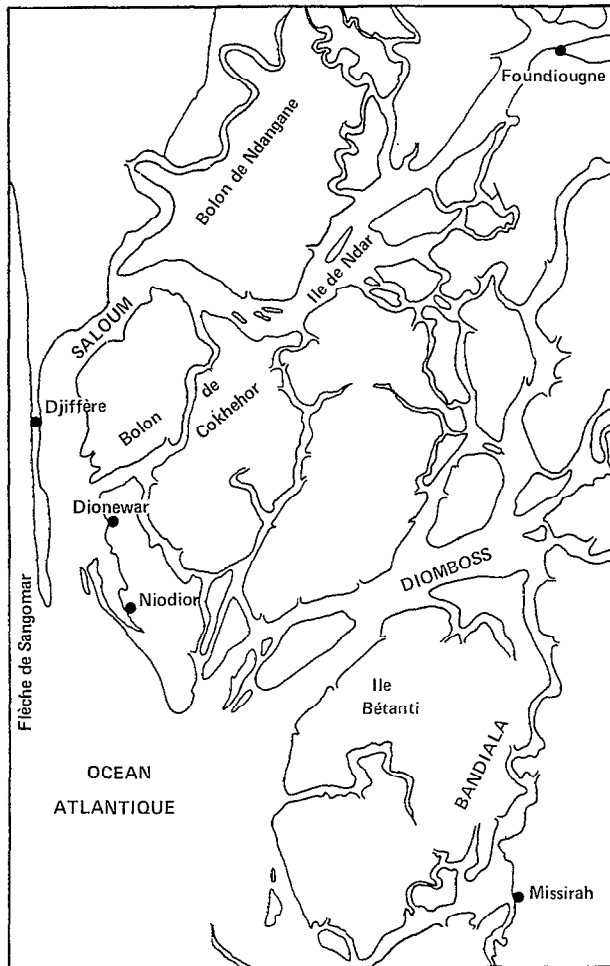


FIG. 2. --- Carte du delta du Saloum
The Salum delta

les bolons, tels ceux de Gokhehor et de Ndangane. L'ensemble constitue un dense réseau parcouru par la marée, facteur essentiel des mouvements de l'eau en l'absence d'un apport fluviatile significatif puisque réduit à la fois par la brièveté de la saison humide (théoriquement 3 à 4 mois par an) et par la tendance de celle-ci à se raccourcir depuis une décennie au moins.

Cette tendance est bien marquée par la distribution de la formation végétale qui subit une évolution remarquable du sud au nord en seulement 30 à 40 km. Dans la partie méridionale, la mangrove présente une large extension, occupant la totalité de l'espace situé entre les bolons (fig. 3 A), les palétuviers sont hauts, notamment en bordure des chenaux à marée et les surfaces sédimentaires dénudées (tannes) sont absentes ou très réduites. Dans la région centrale (nord de l'île Bétanti, rives

du Diomboss, partie du delta située à l'est de Dionewar), les tannes deviennent de plus en plus larges et leur nombre, s'accroissant, augmente l'étendue des surfaces privées de végétation arbustive. Les palétuviers sont moins élevés en hauteur et dans certains secteurs (partie médiane du bolon de Gokhehor par exemple) périssent, laissant le tanne s'envoyer directement dans le chenal. Cette situation montre nettement une tendance à l'aggravation vers le nord. Dans la partie tout à fait septentrionale du delta (fig. 3 B), elle aboutit à un stade ultime où la mangrove, totalement dégradée, présente un caractère relictuel, elle est pariétale (uniquement le long des chenaux) ou squelettique (clairsemée et interrompue) voire totalement absente. Les comptages phytosociologiques (DIATTA *et al.*, 1982) montrent clairement cette évolution qui, à l'est de Foundiougne, aboutit à dénombrer 100 % de palétuviers morts sur les rives du Saloum. Il serait vain de chercher à reconnaître des stades dans cette tendance dont le résultat livre de vastes espaces à une efficace déflation que souligne la formation des lunettes et pseudo-lunettes.

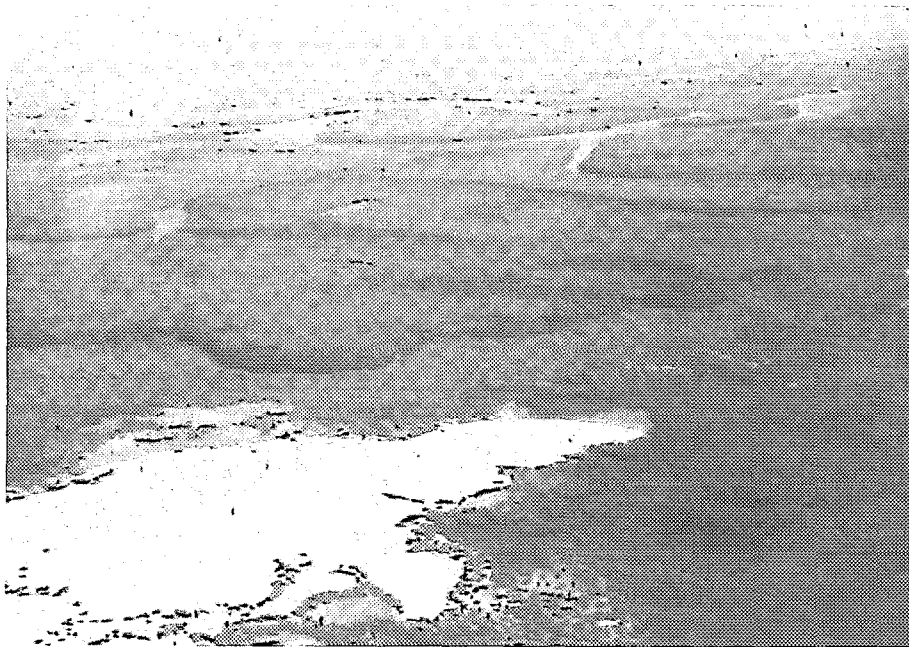
Diverses observations sédimentologiques tendent à montrer que le milieu physique enregistre également de manière profonde ces effets. L'origine des matériaux, en l'absence d'un apport quantifiable issu du bassin-versant, est à rechercher dans les transits sédimentaires aquatiques et dans les intenses chutes de poussières atmosphériques qui obscurcissent fréquemment l'atmosphère dans cette région (brumes sèches, lithométéores...).

MÉTHODOLOGIE

La distribution des courants a été observée en station fixe en divers points des bras principaux (Saloum, Diomboss et Bandiala). On a utilisé des mesures instantanées (courantomètre Braystoke) de vitesse et direction réalisées tous les quarts d'heure à diverses profondeurs (surface, milieu, fond) ou des enregistrements (courantographe Aanderaa) de longue durée (une semaine) avec un pas serré d'échantillonnage (toutes les deux minutes). Des mesures de niveaux faites simultanément permettent de relier l'évolution courantométrique à celle des hauteurs d'eau au cours de l'alternance tidale.

En même temps, on a procédé à une évaluation de la salinité des eaux par mesures directes au réfractomètre (marque Bioblock) et contrôle au laboratoire au moyen d'un conductimètre Tacussel pour lequel une courbe d'étalonnage en salinité a été établie.

Les observations des chutes de « poussières atmosphériques » ont été faites dans diverses stations du littoral et de l'arrière-pays sénégal-mauritanien (Nouakchott, Saint-Louis, Dakar, Kaolack, Ziguinchor). Les particules étaient recueillies sur des pla-



A



B

FIG. 3. — Vue aérienne de la mangrove du Saloum. A : Au Sud, mangrove dense. B : Au Nord, mangrove résiduelle laissant place à de larges tannes

Aerial view of the mangrove swamps. A: In the South, mangrove is thick. B: In the North, the residual mangrove gives place to wide "tannes"

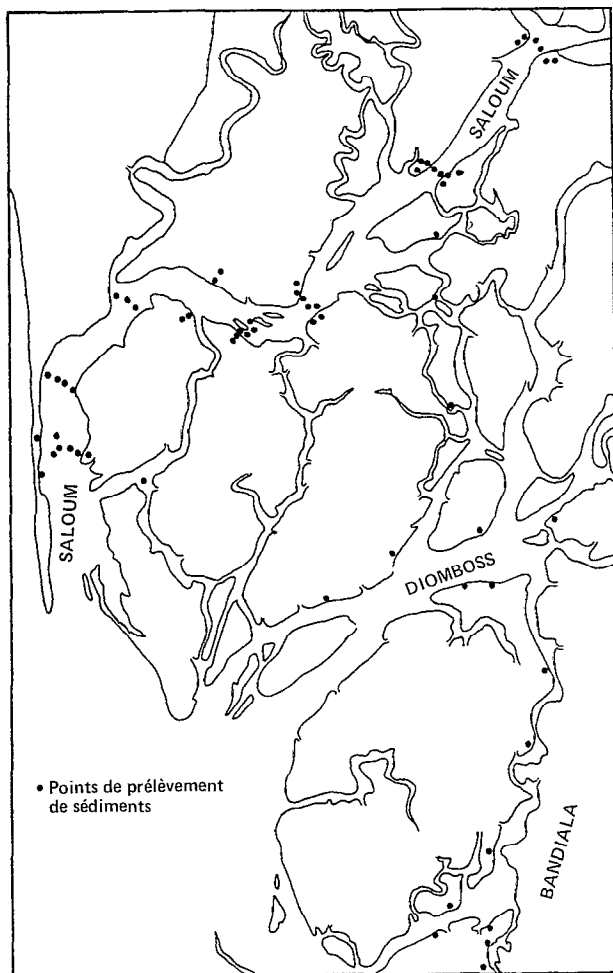


FIG. 4. — Répartition des échantillons de sédiments
Map of sediment sample location

quettes enduites de graisse et remplacées deux fois par semaine pour les 4 stations sénégalaises et tous les deux jours à Nouakchott. Le matériel traité par divers solvants permettant l'élimination complète de la graisse, était recueilli et pesé. Dans quelques cas des micro-granulométries, soit par mensurations sur des clichés au MEB, soit en utilisant un granulomètre à laser (CILAS type 815), ont été réalisées.

Enfin l'étude sédimentologique a été conduite en effectuant des séries de carottages courts et des prélèvements par tarière au niveau des tannes et des vasières, des échantillonnages par benne au niveau des chenaux (fig. 4).

RÉSULTATS

Caractères hydrodynamiques et salinité des eaux

La marée est le facteur principal du mouvement des masses d'eau dans l'ensemble du domaine

deltaïque. Ses effets sont intenses dans les trois bras principaux; dans les bolons d'interconnection, l'écoulement est plus réduit car les profondeurs sont souvent limitées, les caractères de la partie moyenne du bolon sont alors confinés (AUSSEIL-BADIE, 1982).

Les écoulements ont un caractère unidirectionnel alternatif très marqué et, à cet égard, traduisent l'existence d'un régime estuarien.

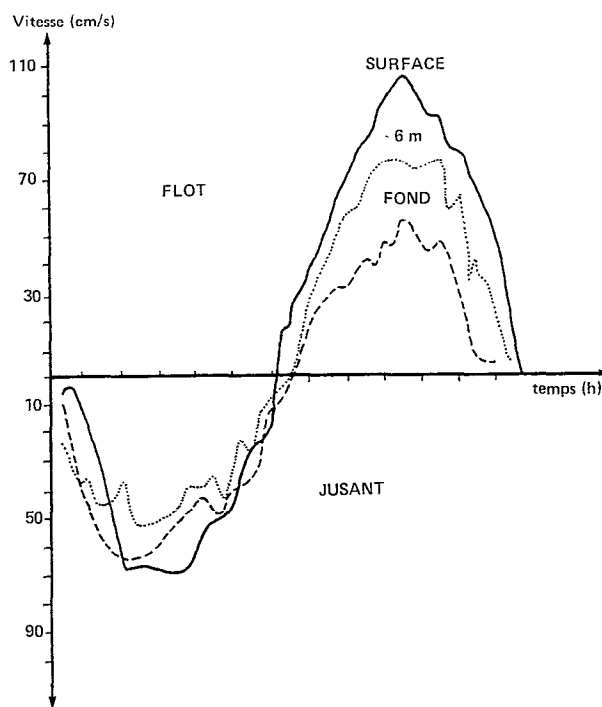


FIG. 5. — Variation des vitesses d'écoulement au cours d'un cycle de marée dans le Saloum
Tidal-current velocities in the Saloum River

La répartition des vitesses démarque cependant de façon très sensible le comportement de chaque bras principal du modèle estuarien (fig. 5). Lors d'une alternance complète, on observe, aussi bien en surface qu'au fond ou à mi-profondeur, une prépondérance générale du flot sur le jusant; elle se marque par des vitesses plus élevées et une durée plus longue. Intégrée dans le temps selon des hypothèses raisonnables (BARUSSEAU *et al.*, 1982 b), l'équation du débit Q_m :

$$Q_m = \int_0^T \int_0^{z(t)} \int_0^{l(t)} V(x, y, t) dx dy dt$$

avec T : durée du flot et du jusant; $z(t)$: profondeur; $l(t)$: largeur de la surface mouillée, montre que la quantité d'eau qui entre dans le dispositif deltaïque est supérieure à celle qui en sort.

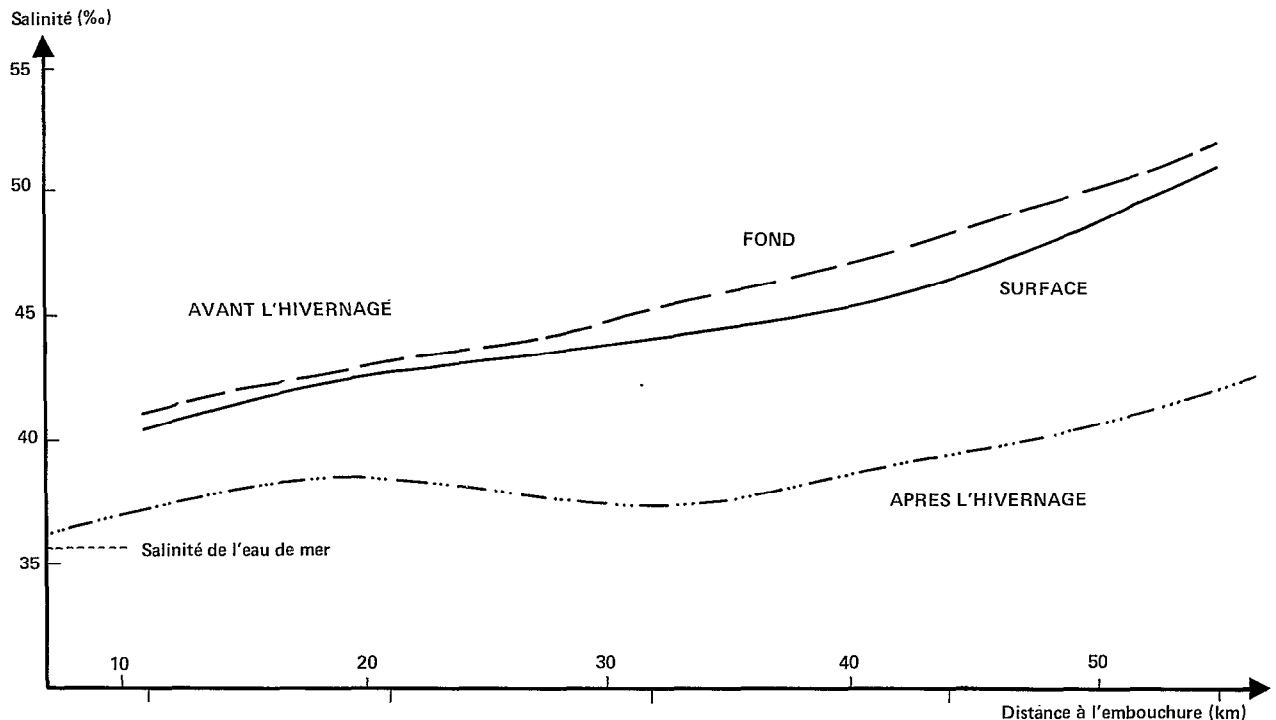


FIG. 6. — Salinités dans le Saloum avant et après l'hivernage
Salinities in the Saloum River before and after the wet season

Sur la base de 16 séries de mesures dans les 3 bras (2 dans le Saloum, 12 dans le Diomboss et 2 dans le Bandiala), le calcul indique que seulement $66,2 \pm 2,81$ % de l'eau entrée ressort. Le reste est, d'une part évaporé au niveau de la mangrove et des parties inondables des tannes, d'autre part s'infiltré et contamine les nappes phréatiques sous-alimentées de la région (GAYE et SARR, 1983).

Une conséquence immédiate de ce fonctionnement hydrodynamique estuarien inverse s'observe au niveau des salinités de l'eau (fig. 6). La variation s'exprime par un accroissement de la teneur en sels dans les 55 premiers kilomètres, comptés depuis l'embouchure, qui atteint près de 17 ‰ (S = 52 ‰ à Foundiougne, avril 1982) au cours de la saison sèche, et se maintient à plus de 6 ‰, dans les mêmes conditions, à la fin de la saison humide.

Le contexte sédimentaire au niveau des chenaux est également fortement affecté par le régime estuarien inverse dont la mise en évidence ajoute un nouveau modèle actuel à la gamme des dispositifs sédimentaires margino-littoraux (BARUSSEAU *et al.*, 1985). Cette influence est illustrée par exemple, par le rebroussement des flèches littorales doubles de Niodior, orientées de façon apparemment paradoxale vers l'amont, alors que, sur la rive opposée du Saloum,

la flèche de Sangomar est poussée vers le sud sous l'action des houles (fig. 2). Elle se manifeste également par le mode de croissance des barres de chenal vers l'amont, comme cela est visible au nord-est de l'île de Ndar ; processus qui illustre la prépondérance de l'énergie du flot et évoque aussi le fonctionnement de certains milieux lagunaires.

Les chutes de poussières atmosphériques

Bien que, dans le cas présent, le terme de poussières soit, ainsi que nous le verrons, inapproprié, son usage général nous conduit cependant à l'employer. Les phénomènes de transport éolien de particules sont abondamment documentés dans cette partie de l'Afrique et leur influence géologique a été soulignée dans un passé récent (MORALES, 1979 ; KOOPMAN, 1981 ; STEIN et SARNTHEIN, 1983).

Dans la région considérée, les retombées de particules, coïncident étroitement avec la saison sèche et accompagnent les régimes de vent de cette période de l'année (alizé, alizé continentalisé, harmattan). Le diagramme de la figure 7 A donne ainsi, pour la station de Dakar, la fréquence mensuelle des chutes de poussières. Il s'agit d'une illustration moyenne car les années récentes, par exemple la saison sèche 82-83, montrent un net accroissement de fréquence.

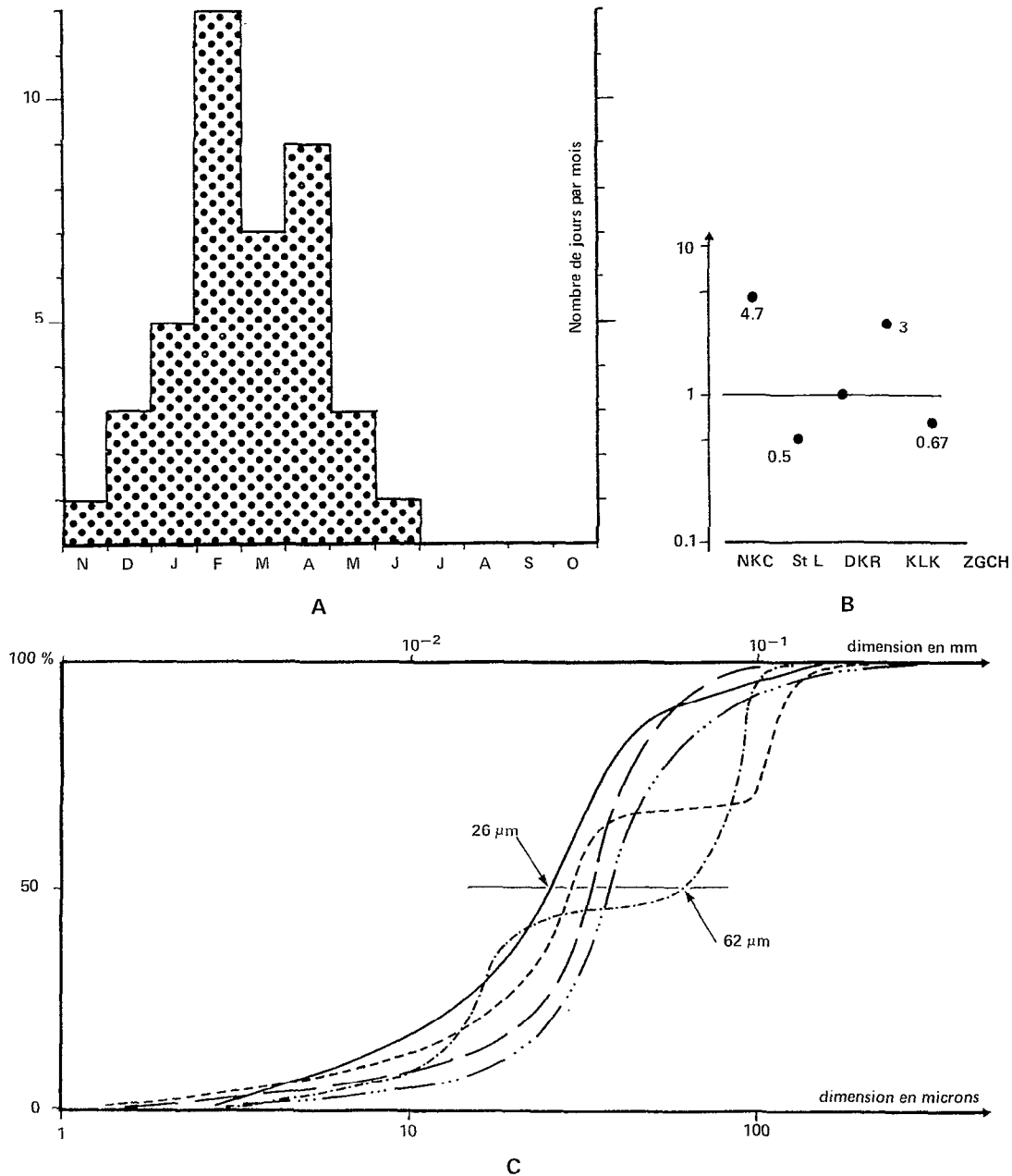


FIG. 7. -- A : Fréquence mensuelle des chutes de poussières à Dakar. B : Variation quantitative des chutes de poussières relativement à la station de Dakar, sur le littoral sénégal-mauritanien. C : Granulométrie des poussières atmosphériques

A : Monthly frequency of dust falls in Dakar. B : Quantitative variation of dust falls in relation to the Dakar Station, on the Senegal-Mauritania seashore. C : Grain-size of aeolian particles

Considérées à l'échelle régionale, les retombées de poussières atmosphériques varient en fonction des stations (fig. 7 B). Relativement à la station de Dakar (80 g.m.⁻² en juin-juillet 1981), les chutes sont beaucoup plus intenses très au nord (Nouakchott) ou à l'intérieur des terres (Kaolack) et, par contre,

notablement plus faibles dans les stations de bord de mer (Saint-Louis) ou très méridionales (Zinguinchor).

Le matériel ainsi déposé est en général un limon (silt) dont la fraction grossière, loin d'être négligeable, passe dans certains cas à une notable proportion de sable fin (fig. 7 C). De ce fait, les médianes

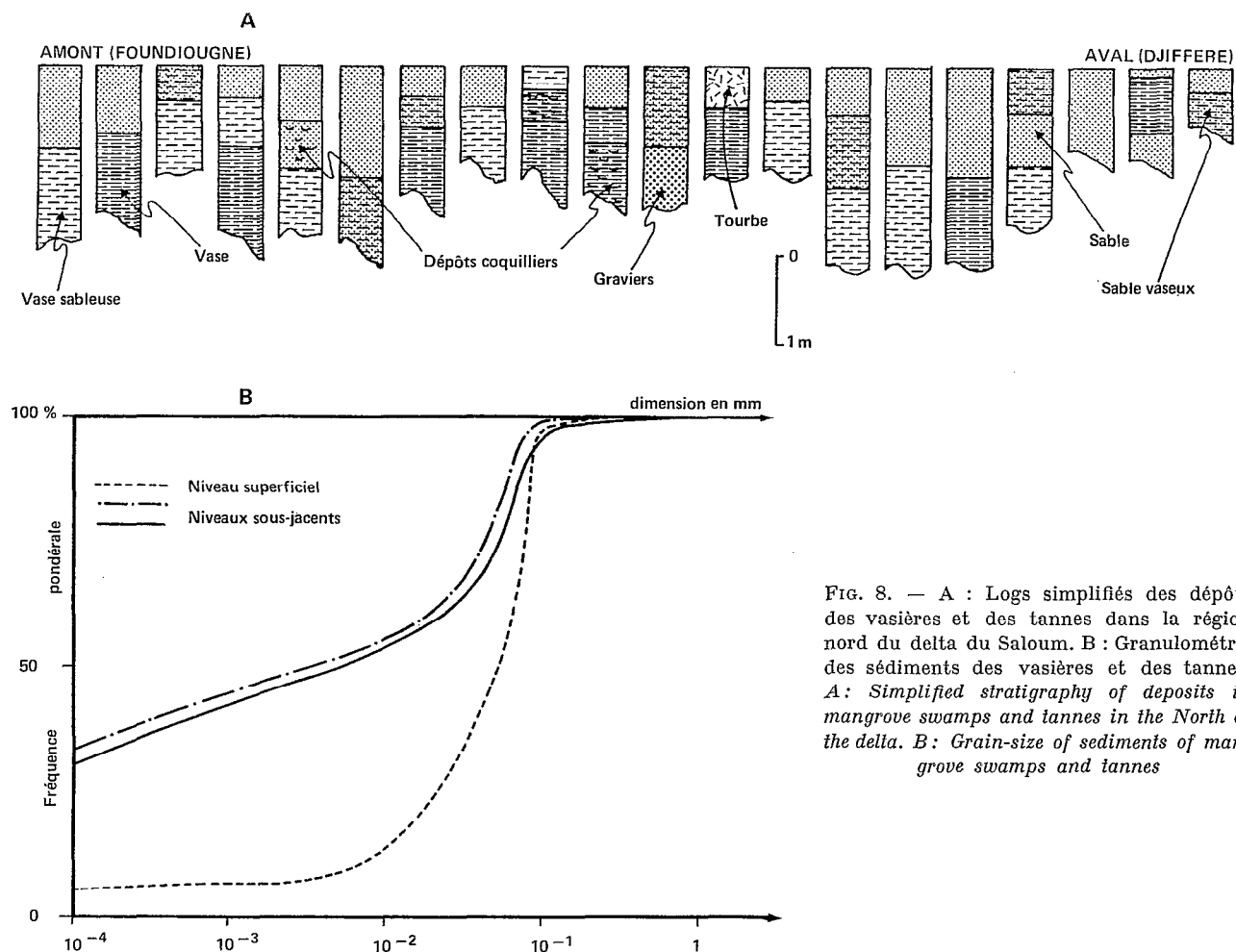


FIG. 8. — A : Logs simplifiés des dépôts des vasières et des tannes dans la région nord du delta du Saloum. B : Granulométrie des sédiments des vasières et des tannes. A : Simplified stratigraphy of deposits in mangrove swamps and tannes in the North of the delta. B : Grain-size of sediments of mangrove swamps and tannes

s'inscrivent dans un intervalle compris entre 30 et 60 μm .

La répartition des sédiments du delta

La texture des sédiments, caractérisés par leur granulométrie, différencie sans ambiguïté les différents types de milieux que l'on rencontre dans le delta : les médianes atteignent en moyenne $150 \pm 12 \mu\text{m}$ dans les sédiments du chenal, $229 \pm 13 \mu\text{m}$ sur les cordons sableux (anciens cordons littoraux ou flèches littorales) et $94 \pm 12 \mu\text{m}$ dans les vasières et les tannes. Ces deux derniers types de milieux ne se distinguent pas granulométriquement (BARUSSEAU *et al.*, 1982 a).

On peut être étonné de la relative grossièreté du sédiment dans les vasières. Ce caractère est en réalité bien spécifique des sédiments superficiels de la région nord du Saloum dès lors qu'on considère les zones de

mangrove et non les cordons sableux ou les domaines affectés par la redistribution éolienne des matériaux de ces cordons.

En effet, les coupes réalisées dans cette partie du delta (fig. 8 A) montrent l'existence constante d'un niveau superficiel, épais de quelques dizaines de centimètres, surmontant des matériaux généralement très enrichis en fraction pélitique (vase ou vase sableuse). La granulométrie comparée des sédiments (fig. 8 B) souligne la nature des différences observées. La fraction silteuse est la même, dans les deux cas, caractérisée par un mode compris entre 60 et 70 μm . Elle est accompagnée dans les niveaux vaseux inférieurs, par une fraction pélitique comptant pour plus de 50 % du sédiment. Le passage d'un type de dépôt à l'autre s'est donc fait par disparition brusque de cette fraction et/ou par accroissement important des silts et sables fins.

La question se pose de comprendre l'origine de ce changement.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Quatre mécanismes peuvent être immédiatement évoqués pour expliquer l'accroissement de la dimension moyenne des matériaux déposés :

- un apport issu de la mer,
- une rétention sédimentaire par la formation végétale,
- un déficit en fraction granulométrique fine,
- un afflux de particules éoliennes.

Dans le domaine marin adjacent, des preuves nombreuses traduisent l'existence d'un transit sédimentaire vers le sud. La Petite Côte est, en effet, découpée en un certain nombre de cellules d'érosion-transport-dépôt selon un processus déjà décrit (BARUSSEAU, 1980). Les indices de transport en direction des bouches du Saloum-Diomboss se manifestent du nord vers le sud par les secteurs d'érosion côtière de Rufisque et de Joal, les accumulations sédimentaires des flèches littorales ou pouliers de Pointe Sarène et Pointe Senti, les alluvionnements en amont-transit des épis (épi de l'Aldiana, au sud de Mbour) et surtout par l'imposante flèche sénégalienne du Saloum lui-même (flèche de Sangomar). Il est donc tout à fait légitime de penser à l'introduction dans le delta du Saloum d'un matériel d'origine marine sous l'effet du fonctionnement estuarien inverse décrit plus haut. L'analyse granulométrique des sédiments marins (BARUSSEAU, 1983) indique cependant de façon claire qu'il n'existe aucun rapport de filiation entre eux et les matériaux de la couche silto-sableuse supérieure des vasières et tannes du Nord-Saloum. Il est par conséquent nécessaire de rejeter cette hypothèse.

De la même façon paraît être exclue la rétention sédimentaire jouée par la strate végétale. En effet, dans le secteur où l'enrichissement silto-sableux est le plus manifeste, on a vu que la mangrove était en cours de dégradation ou même de disparition. Plus que cause, cette dernière tendance n'est peut-être qu'un effet concomitant de l'apparition du niveau grossier supérieur des vasières à mangrove et l'on doit donc peut-être leur chercher une origine commune.

On aboutit à la même conclusion en envisageant l'éventualité d'une pénurie en matériel pélitique, notamment argileux, d'où résulterait la mise en évidence relative du stock complémentaire grossier. En effet, le déficit en matériel terrigène fin d'origine fluviale semble, comme la détérioration de la strate arbustive mais aussi la plus grande pénétration saline, clairement lié à un assèchement général que documentent abondamment les études faites par exemple sur le fleuve Sénégal (COGELS et GAC, 1983).

La texture de l'apport éolien apporte un argument décisif sur l'origine des matériaux superficiels des vasières. Granulométriquement ces particules appar-

tiennent à un même stock et il est tout à fait concevable de lier finalement l'ensemble des phénomènes enregistrés à une dégradation climatique récente dont ils sont les effets conjoints.

Au terme de ce bilan, deux questions se posent :

1. A quel type d'oscillation climatique doit être rapportée l'évolution observée (avec en corollaire la question de l'âge de son début) ;

2. Quelles sont les causes de cette oscillation ?

Dans aucun des deux cas, nous ne pouvons apporter de réponse définitive à ce stade de la recherche. Seules quelques remarques peuvent être faites.

Si l'existence d'une péjoration climatique dans la dernière quinzaine d'années est bien connue (FAURE et GAC, 1981), il est peu probable qu'elle soit seule à l'origine de la formation d'une couche sédimentaire d'ordre métrique, cela supposerait un taux de sédimentation de 7 à 10 cm/an. Or, les taux de sédimentation évalués au sud du delta par KALCK (1978), zone de sédimentation très active, ne dépassent pas 0,42 cm/an et, plus près de la zone septentrionale, SALL et DIOP (1975) ont trouvé à Djirnda un âge de 5 528 ans B.P. à 1,40 m de profondeur seulement. On est donc conduit à envisager l'extension dans le temps de l'intervalle pendant lequel s'est constitué ce niveau supérieur. Les seuls éléments coquilliers rencontrés sont constitués de fins débris d'*A. senilis*, trop dégradés en raison des pH souvent acides (BARUSSEAU *et al.*, 1982 a) pour fournir des échantillons datables. Malgré cette difficulté, on peut espérer qu'une exploration plus intensive permettra la découverte d'éléments susceptibles d'être datés afin de déterminer la limite supérieure du début de l'évolution constatée. L'évolution de la Casamance voisine conduit KALCK à présumer que l'apparition du faciès tanne, en arrière des mangroves est postérieure à 1 500 ans B.P. Elle marque une dégradation de la mangrove dont le nord du Sine-Saloum offre une illustration encore plus nette. Dans un passé récent, des indices de phases plus arides sont connus à diverses reprises dans la région : remobilisation des champs dunaires (SARNTHEIN et WALGER, 1974), déflation accrue (BEAUDET *et al.*, 1976). En particulier, le dernier siècle pourrait correspondre à une période plus sèche qui reflèterait la chute des températures océaniques de surface (SARNTHEIN, 1978). La région du Sine-Saloum constitue, par conséquent, une zone sensible où peut-être étudiée en détail, grâce aux occurrences lithométéoriques notamment, la cyclicité fini-holocène (10^2 - 10^3 ans).

REMERCIEMENTS

Les résultats et réflexions présentés ici sont le fruit de la participation à l'étude du delta du Saloum de collègues de discipline diverses réunis à Dakar, au sein de l'Équipe

pluridisciplinaire d'Étude des Écosystèmes côtiers (EPEEC). Ce travail, réalisé grâce au soutien financier de l'UNESCO, est une contribution au projet n° 200 du PICG. Nous remercions spécialement MM. STEYAERT et SUZYUMOV, de la Division des Sciences de la Mer, MM. KABALA du ROSTA et CISSE, de la Commission Nationale du Sénégal pour

l'UNESCO. Un travail important de collecte de poussières atmosphériques a été réalisé dans les stations météorologiques, grâce à l'efficace collaboration des agents de l'ASECNA que nous remercions vivement. L'illustration a été dessinée par J. CARBONNE du Centre de Recherche de Sédimentologie Marine de Perpignan.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (G. P.), LAURIER (D.) et THOUVENIN (J.), 1979. — Étude sédimentologique du delta de la Mahakam. Notes et Mém. de la C.F.P., 15, 156 p.
- AUSSEIL-BADIE (J.), 1982. — Rapport final de l'atelier d'étude des mangroves et du Saloum (Sénégal). La microfaune aquatique : Foraminifères, 81-86.
- BARUSSEAU (J. P.), 1980. — Essai d'évaluation des transports sableux sous l'action des houles entre Saint-Louis et Joal (Sénégal). *Bull. ASEQUA*, 58/59 : 31-39.
- BARUSSEAU (J. P.), 1983. — Analyse sédimentologique des fonds marins de la Petite Côte (Sénégal). CIRODT-ISRA, Rapport d'Étude de l'Environnement côtier au sud du Cap Vert (Sénégal), 65-83.
- BARUSSEAU (J. P.), DIOP (E. S.), MONTEILLET (J.) et ROCHA (C. Y.), 1982 a. — Rapport final de l'atelier d'étude des mangroves et de l'estuaire du Saloum (Sénégal). Le milieu physique : caractères sédimentologiques, 45-63.
- BARUSSEAU (J. P.), DIOP (E. S.), NGOUMBI-NZOUZI (J. S.) et SAOS (J. L.), 1982 b. — Rapport final de l'atelier d'étude des mangroves et de l'estuaire du Saloum (Sénégal). Le milieu physique : caractères hydrodynamiques, 23-44.
- BARUSSEAU (J. P.), DIOP (E. S.) and SAOS (J. L.), 1985. — Evidence of dynamic reversal in tropical estuaries, geomorphological and sedimentological consequences (Saloum and Casamance Rivers, Senegal). *Sedimentology*, 32 : 543-552.
- BEAUDET (G.), MICHEL (P.), NAHON (D.), OLIVA (P.), RISER (J.) et RUELLAN (A.), 1976. — Formes, formations superficielles et variations climatiques récentes du Sahara occidental. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, 18 (2/3) : 157-174.
- BOOTHROYD (J. C.), 1985. — Tidal inlets and tidal deltas. In: Coastal sedimentary environments, R. A. Davis jr (Ed.), Springer Verlag, 445-532.
- COGELS (F. X.) et GAC (J. Y.), 1983. — Aménagement et évolution hydrochimique du Lac de Guiers (Sénégal) depuis 1916. AUPELF, Barrages en terre et développement des zones rurales en Afrique, Thiès.
- DIATTA (I.), BODIAN (A.) et THOEN (D.), 1982. — Rapport final de l'atelier d'étude des mangroves et de l'estuaire du Saloum (Sénégal). Étude phytosociologique, 121-151.
- FAURE (M.) et GAC (J. Y.), 1981. — Will the sahalian drought end in 1985 ? *Nature*, 291, 5815 : 475-478.
- GALLOWAY (W. E.), 1975. — Process framework for describing the morphological and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Deltas, Houston Geol. Soc., M. L. Broussard (Ed.), 87-98.
- GAYES (C. B.) et SARR (R.), 1983. — Hydrogéologie des îles du Saloum (données liminaires sur les eaux souterraines des îles de Dionewar et Niodor). Rapp. Technique UNESCO-EPEEC, 81-86.
- KALCK (Y.), 1978. — Évolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Études géologiques et géochimiques. Thèse Spéc. Strasbourg, 122 p., 28 fig., 10 tabl., ann.
- KOOPMANN (B.), 1981. — Sedimentation von Saharastaub im subtropischen Nordatlantik während der letzten 25000 Jahre. « Meteor » Forsch. — *Ergebnisse*, C, 35 : 23-59.
- MONTEILLET (J.), FAURE (H.), PIRAZZOLI (P. A.) et RAVISE (A.), 1981. — L'invasion marine du Ferlo (Sénégal) à l'Holocène supérieur (1900 BP). In COETZE, J. A., et VAN ZINDEREN-BAKKER, E. M., (Eds), Palaeoecology of Africa, 13 : 205-215.
- MORALES (C.) (Ed.), 1979. — Saharan dust. Mobilization, transport, deposition. J. Wiley and Sons, N. Y.
- SARNTHEIN (M.), 1978. — Sand deserts during glacial maximum and climatic optimum. *Nature*, 272, 5648 : 43-46.
- SARNTHEIN (M.) and WALGER (R.), 1974. — Der äolische Sandstrom aus der W-Sahara zur Atlantikküste. *Geol. Rdsch.*, 63 (3) : 1065-1087.
- STEIN (R.) and SARNTHEIN (M.), 1983. — Late Neogene events of atmosphere and oceanic circulation offshore North west Africa : high-resolution from deep-sea sediments. Palaeoecology of Africa, 16 : 9-36.
- WRIGHT (L. D.), 1985. — River deltas. In: Coastal sedimentary environments, R. A. Davis jr (Ed.), Springer Verlag : 1-76.