

CHAPITRE I

L'environnement physique

JEAN-PAUL BARUSSEAU
avec la collaboration de
MARILINE BÂ ET SALIF DIOP

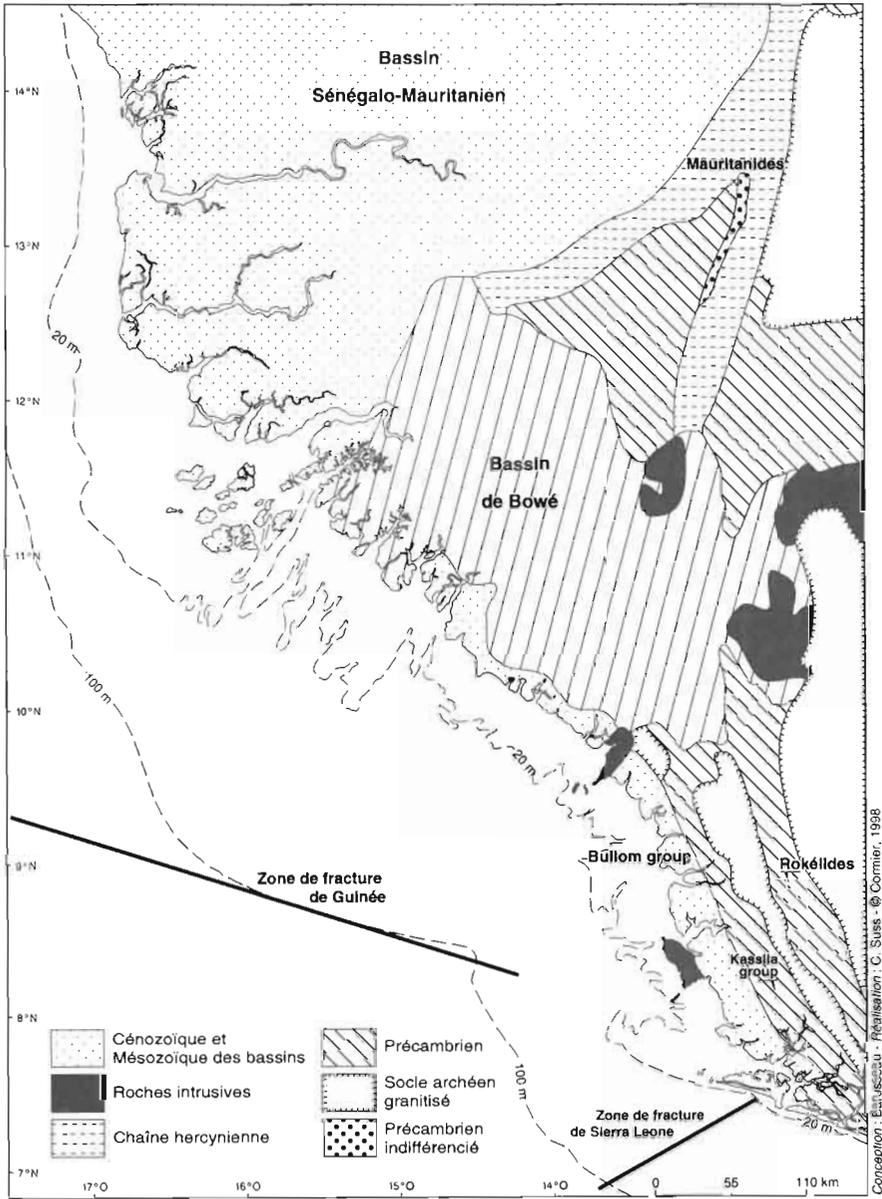
Le bâti morphostructural

Les systèmes estuariens ayant généré les mangroves des Rivières du Sud se mettent en place dans une marge atlantique passive caractérisée par une relative stabilité tectonique.

Les Rivières du Sud, bien qu'offrant une apparente unité, coulent dans deux domaines bien différents (carte 4) :

— *au Nord, le bassin sénégalo-mauritanien*, subsident à l'échelle géologique, avec des formations sédimentaires mésozoïques, cénozoïques et quaternaires, vastes séries monoclinales à pendage ouest s'ennoyant sous l'océan. Ce bassin au relief modeste (moins de 200 mètres d'amplitude) englobe l'ensemble des estuaires du Saloum, de la Gambie, de la Casamance, de l'extrême nord-ouest de la Guinée-Bissau et des archipels Bissagos ou Bijagós caractérisés par des côtes sédimentaires basses ;

— *au Sud, le craton côtier ouest-africain* qui constitue l'essentiel des affleurements rocheux littoraux et qui détermine des côtes à falaises, du sud de la Guinée-Bissau jusqu'au-delà de la Sierra Leone (Reyre, 1966). Au Précambrien, le craton ouest-africain, métamorphisé et granitisé, subit des phases de plissement et de fracturation NO-SE dont témoigne l'édifice du Fouta-Djallon qui culmine à 1538 mètres. Ces événements contribuent à la mise en place de territoires orogéniques surtout actifs au



Carte 4.

Caractères géologiques principaux des Rivières du Sud et des régions adjacentes.

Paléozoïque. Les formations précambriennes sont bien visibles en Sierra Leone (Jones et Mgbatobu, 1982), mais en Guinée, en revanche, elles sont recouvertes par du Paléozoïque.

Au cours du Paléozoïque (Gothlandien : 435 millions d'années), une importante phase transgressive affecte toute l'Afrique de l'Ouest et dépose une série sédimentaire à dominante gréseuse dans les différents bassins. Cette série, disparue au Sénégal, connaît une grande extension en Guinée où elle forme le Bassin de Bowé qui repose sur les séries précambriennes plissées du Fouta-Djallon. En Sierra Leone, elle surmonte la série Rokel (série Précambrien supérieur – Paléozoïque) et le socle granitisé. Sur la bordure occidentale de ce dernier, la bande linéaire du Kasila Group, large de 10 à 50 km et haute de 300 mètres environ, limite la plaine sédimentaire littorale à l'est.

Au cours du Mésozoïque, ces ensembles sont affectés par l'ouverture de l'Atlantique. Celle-ci s'accompagne de formation et de réactivation de failles et de zones de fractures dessinées selon les orientations panafricaines et libériennes du précambrien, respectivement NO-SE et NE-SO (Anthony, 1990).

En domaine marin, à partir de l'extrême nord de la Sierra Leone jusqu'en Guinée-Bissau, l'importante zone de fractures transformantes de Guinée permet le développement d'un plateau continental très large, propice au piégeage d'énormes quantités de sédiments (Jacobi et Hayes, 1982; Jones et Mgbatogu, 1982; Marinho *et al.*, 1988). Lors de l'ouverture de l'Atlantique, c'est d'ailleurs le rejeu de failles transformantes qui provoque l'effondrement de la marge et la mise en place des bassins sédimentaires côtiers. Le plus ancien, d'âge mésozoïque, est le bassin sénégalo-mauritanien. Plus au sud, la sédimentation est surtout cénozoïque. Dans les deux cas, elle entraîne une subsidence et un gauchissement de la marge côtière.

La réactivation des zones de fracture est aussi responsable d'une intense morphogenèse régionale. Ce fait s'observe sur le bord occidental du Bassin de Bowé. De même, la zone de fracture de Gambie, qui s'étend sur une distance considérable à l'est, permet ultérieurement l'écoulement du fleuve Gambie à partir du Fouta-Djallon. Dans les régions guinéennes et sierra-leonaises tout particulièrement, des injections magmatiques se mettent en place au Trias, parallèlement au littoral, le long de ces failles (Mc Master *et al.*, 1975).

Les fractures influencent également le tracé des côtes et du plateau continental. Aussi le contrôle exercé par les structures panafricaines sur

le développement du littoral est-il visible en Sierra Leone avec l'orientation NO-SE des unités lithologiques, du littoral et du rebord du plateau continental (Anthony, 1990). En revanche, du Sénégal à la Sierra Leone, les cours d'eau suivent plutôt les structures libériennes (NE-SO).

Au Mio-Pliocène, une phase tectonique tardive favorise la reprise de l'érosion. Un cycle de pénéplanation intéressant toute l'Afrique occidentale (Michel, 1973) favorise la mise en place d'une cuirasse ferrugineuse sus-jacente aux sédiments du « Continental Terminal ».

La configuration actuelle des Rivières du Sud en deltas et estuaires résulte aussi de l'histoire quaternaire de cette région, marquée par des variations du niveau marin et des changements climatiques.

Le Quaternaire ancien est toutefois difficile à différencier des formations pliocènes, les variations du niveau marin étant en effet mal connues en raison de l'absence de marqueurs paléontologiques fiables (Giresse et Barusseau, 1986). Le Quaternaire ancien est probablement constitué par des niveaux transgressifs très faiblement étagés, disposés le long des rivages des anciens golfes. C'est le caractère d'une zone finalement stable à cette échelle de temps, contrairement à ce qui est signalé plus au nord (Maghreb) ou plus au sud (Angola, Namibie).

C'est surtout au Quaternaire récent (postglaciaire et Holocène) que l'évolution géologique des milieux estuariens des Rivières du Sud est la mieux connue et la plus déterminante dans la morphogenèse littorale.

Le plus bas niveau marin (# 120 mètres) atteint vers 18 000 ans avant le Présent (B.P.) correspond à une période aride. La remontée progressive du niveau marin s'accompagne d'un climat de plus en plus humide. Les réseaux hydrographiques, du Saloum à la Sierra Leone, se constituent de la fin du Pléistocène au début de l'Holocène après plusieurs phases d'entailles dans les basses terrasses, appelées phases de recreusement par Michel (1973). À partir de cette époque, l'organisation des cours d'eau est ainsi à l'origine de la morphologie typique en doigt de gants des Rivières du Sud.

À l'Holocène moyen, la remontée marine crée de nombreux golfes dans les vallées et les interdunes. Le plus haut niveau marin est atteint vers 5 500 ans B.P. C'est le maximum transgressif du Nouakchottien, assez bien connu dans toute l'Afrique occidentale. Des fluctuations de faible amplitude (1 à 2 mètres) suivent peut-être cet épisode, mais leur réalité ainsi que leur synchronisme sont encore à démontrer en détail.

Il faut rapporter les apports sédimentaires de cette période récente du Quaternaire à l'intensité des épisodes bioclimatiques et à la morphoge-

nèse qui s'opèrent alors en milieu continental. En effet, les périodes arides, notamment au cours de l'Ogolien (18 000 ans B.P.), favorisent une intense circulation éolienne, en particulier dans la zone septentrionale, vecteur de fractions détritiques abondantes. En revanche, les phases humides à l'Holocène, en période de biostasie, favorisent, plus au sud, une sédimentation fluviale entraînant une progradation littorale à dominante vaseuse.

Au cours de la transgression nouakchottienne, la sédimentation marine comble les basses vallées (Michel, 1973 ; Kalck, 1978). L'apport des fleuves se limite alors à des sables fins et à des limons provenant des dépôts de couverture des régions de bordure et notamment du plateau du Continental Terminal (Diop, 1990).

La formation de cordons littoraux prenant l'aspect de longues flèches sédimentaires aux embouchures septentrionales marque la phase post-nouakchottienne. En même temps, les dépôts de vase colmatent peu à peu les milieux estuariens, créant ainsi un milieu favorable au développement intense de la mangrove.

Les processus de sédimentation se poursuivent au cours du subactuel, marqués par un certain décalage entre les phases de comblement au nord et au sud. L'aridification croissante affectant les estuaires dans la région nord tend à figer la morphologie et même à inverser le fonctionnement des systèmes estuariens les plus septentrionaux et la sédimentation y manifeste une dominance grossière. Dans la région sud, une sédimentation fine est favorisée par le climat plus humide de nos jours (Faure *et al.*, 1986 ; Michel, 1977 ; Diop, 1990).

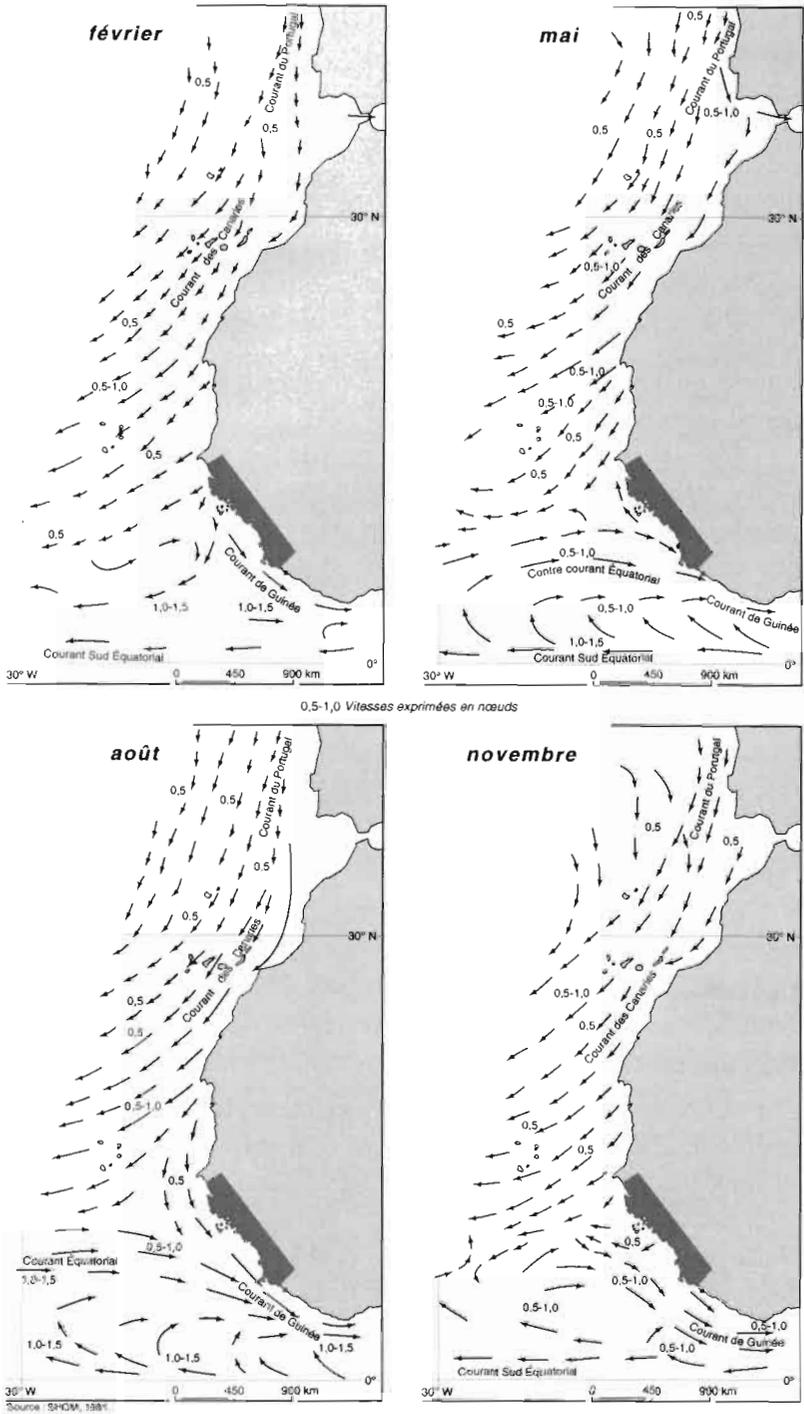
Le régime océanographique

Les courants

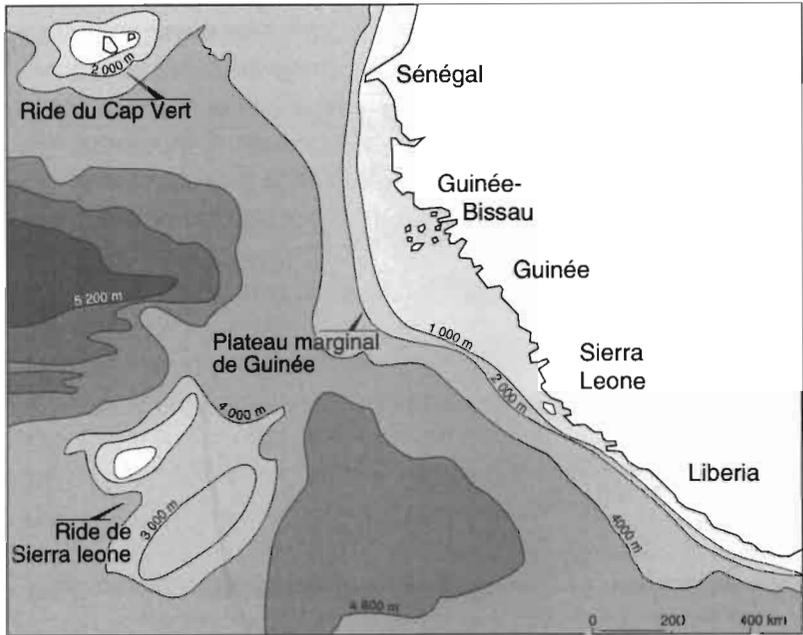
L'influence des courants généraux est sensible sur le plateau continental et peut modifier l'intensité des autres composantes de courant (par exemple les courants de marée) sur l'avant-côte.

Dans la région des Rivières du Sud, la disposition des courants est réglée par les glissements saisonniers des cellules courantologiques liées au courant des Canaries et au courant de Guinée. Le premier est clairement rattaché au grand tourbillon subtropical nord-atlantique. Il alimente ensuite la dérive nord-équatoriale et, au mois d'août, il contribue aussi à l'alimentation du courant de Guinée (fig. 2) dont l'enracinement prin-

Figure 2.
Variation
saisonnnière
des courants
généraux.



Source: SHOM, 1981

**Figure 3.**

Les reliefs sous-marins de l'Atlantique tropical Nord-Est comme cause du ralentissement de l'onde de marée.

cipal est cependant le contre-courant équatorial. En fin de saison sèche, tout le nord de la région fonctionne de façon largement indépendante de ces deux grands axes de circulation et, à ce moment, s'observe une dérive générale vers le nord.

La marée

La marée, de type semi-diurne, dépend du système amphidromique des Antilles. Puisque la marée se comporte partout comme une onde circulant par faible profondeur ($d/L \leq 5\%$, où d est la profondeur et L la longueur d'onde en m , d'où résulte la célérité $C \approx (gd)^{1/2}$), elle est particulièrement influencée par la disposition des fonds abyssaux et épicontinentaux de la région (fig. 3). Il en résulte un ralentissement, notamment sur les côtes de Guinée et de Guinée-Bissau (fig. 4) et une importante variation de marnage (Cram, 1979 ; Clarke et Battisti, 1981). Du Saloum à la Casamance, l'amplitude tidale est de l'ordre d'un mètre. Les valeurs les plus fortes sont atteintes en Guinée-Bissau et en Guinée, dépassant 6 mètres à Buba, Porto Gole et dans le Rio Kandiafara. Au-delà de la Sierra Leone, le marnage décroît de nouveau (tabl. 2).

Tableau 2.

Variation
du marnage
du nord au sud
de la région des
Rivières du Sud.

STATIONS (localisation)	Amplitudes des marées (en m)	
	vives eaux	mortes eaux
Dakar - à titre de comparaison	1,20	0,60
Foundiougne (Saloum)	0,90	0,40
Djifère (Saloum)	1,10	0,50
Banjul (Gambie)	1,60	0,70
Diogue (embouchure Casamance)	1,40	0,90
Varela (Guinée-Bissau)	2,32	1,14
Cacheu (R. Cacheu)	2,74	0,86
Farim (R. Cacheu-amont)	1,97	1,15
Caio (Guinée-Bissau)	2,30	0,81
Porto Gole (Guinée-Bissau)	6,45	4,00
Joao Landim (Guinée-Bissau)	4,95	2,25
Mansoa (Guinée-Bissau)	3,65	2,50
Bissau (Guinée-Bissau)	5,10	2,50
Bambadinca (R. Geba amont)	3,90	1,40
Pexice (archipels des Bijagos)	3,61	1,55
Bolama (archipels des Bijagos)	4,90	2,30
Buba (Guinée-Bissau)	6,05	2,55
Bubaque (archipels des Bijagos)	4,24	1,26
Columba (archipels des Bijagos)	4,30	2,30
Conakry (Rép. de Guinée)	3,50	1,70
Ile Tannah (Sierra Leone)	4,20	...
Freetown (Sierra Leone)	2,60	...
Shenge (Sierra Leone)	2,70	...
Sulima (Sierra Leone)	1,24	...

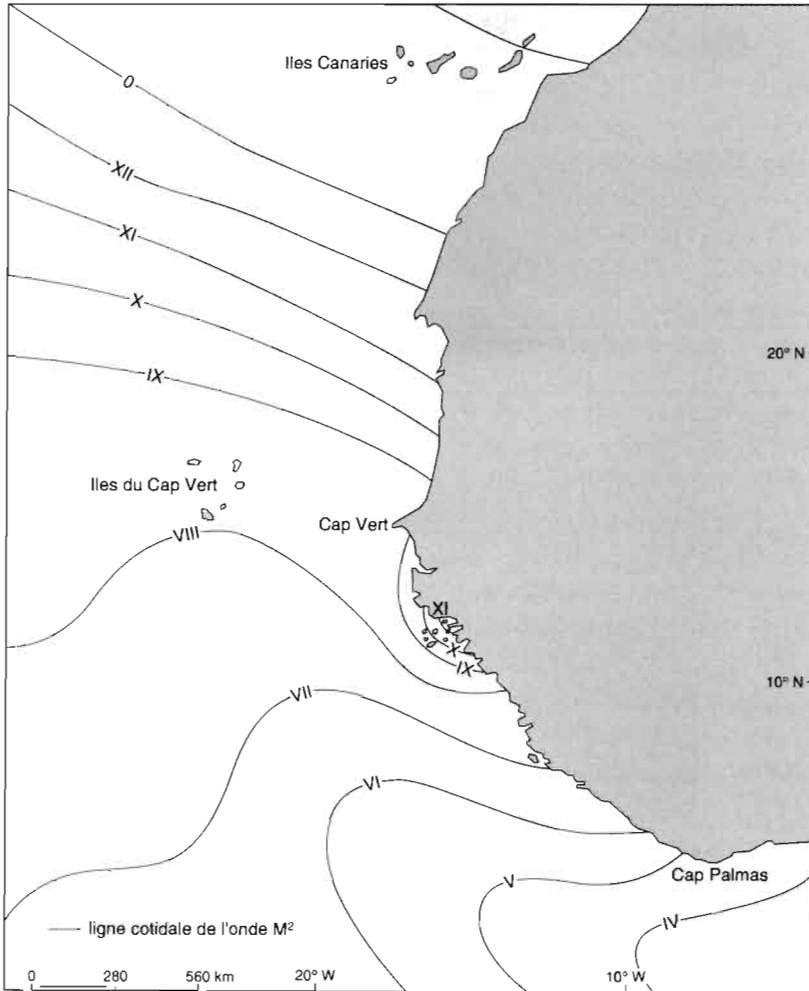
Le régime de houles dans le secteur des Rivières du Sud

Caractères physiques de la houle

Le régime de houles dans le secteur des Rivières du Sud se partage, d'une part entre des vagues de courte période générées par des vents locaux, et d'autre part entre des houles longues, originaires des grands centres de génération dans l'Atlantique Nord et Sud. Il n'existe malheureusement aucun jaugeage ou enregistrement automatique ni en eau profonde ($d/L > 0,5$) ni en zone littorale d'où le recours systématique à des observations directes au large et à des mesures manuelles et visuelles des vagues au déferlement. Aussi est-il difficile de prédire le régime de vagues à partir des champs de vents, pour des raisons qui seront invoquées plus loin. En plus de ces observations, il existe des compilations statistiques basées sur des observations faites au large à partir de navires. Ces compilations (Hogben et Lumb, 1967; Emery *et al.*, 1974; U.S. Naval Weather Service

Command, *in* Anon, 1980) sont à considérer avec précaution, notamment en ce qui concerne les secteurs d'approche et les périodicités des vagues. Dans toutes ces observations, publiées pour un secteur qui englobe la zone maritime de la Guinée-Bissau au Liberia inclus, 75 % à 86 % des vagues ont une période de moins de 8 s (fig. 5), ainsi en résulte-t-il des vagues à fetch limité (quelques centaines de kilomètres). Or, le littoral des Rivières du Sud est ouvert à des houles atlantiques à très grand fetch (plusieurs milliers de kilomètres).

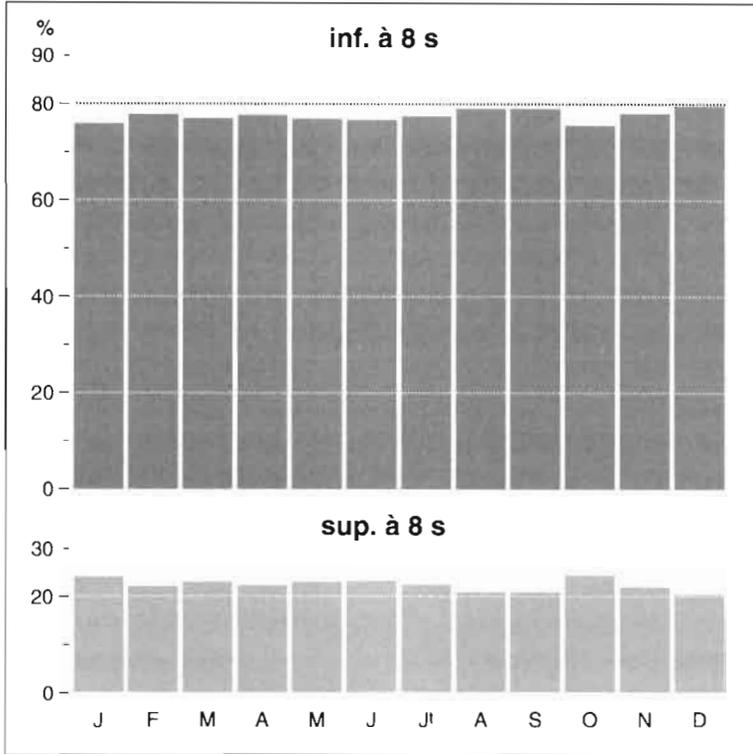
L'ensemble des observations instantanées sur le terrain, notamment celles effectuées dans l'extrémité méridionale des Rivières du Sud (Sud-



Source : *Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean*.

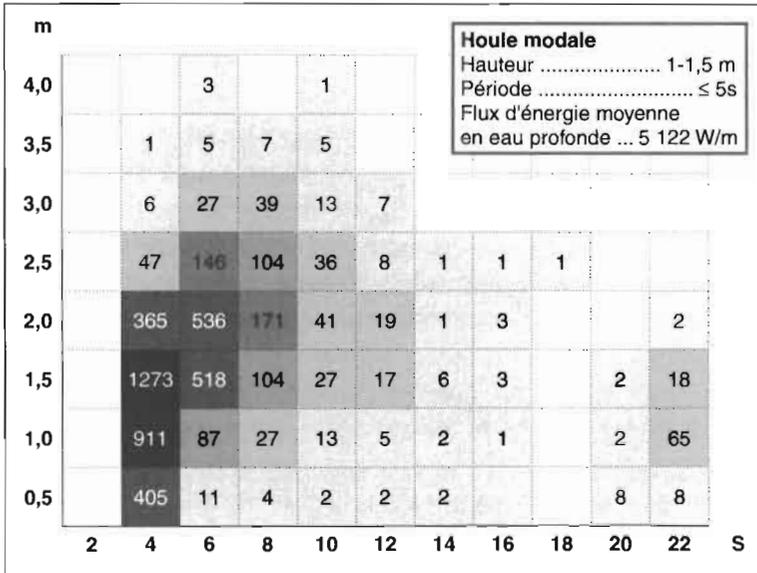
Figure 4.
La répartition des lignes cotidiales de la composante majeure de la marée dans l'Atlantique tropical du Nord-Est.

Figure 5.
Deux classes de périodes de la houle au large de la Sierra Leone.



Source : U.S. Naval Weather Command, in Anon, 1980.

Figure 6.
Énergie des houles au large de la Sierra Leone.



Source : Hogben et Lumb, 1967.

Guinée et extrême nord de la Sierra Leone) montre un mélange d'ondes longues et courtes (40-80 % < 8 s). La limitation inhérente au système d'observation à partir de navires qui privilégie des vagues courtes a été brièvement évoquée par Davies (1980). Il est tout de même intéressant de présenter les compilations statistiques pour cette partie du littoral ouest-africain. Dans la figure 6, la contribution énergétique de chaque classe de houle à la moyenne d'énergie du spectre total est exprimée en watts par mètre. Le flux d'énergie transmis par la houle, ECg, a été calculé à partir de la formule suivante :

$$ECg = 0,0625 \ r \ g \ H^2 \ (gT/2\pi)/2$$

où r est la masse volumique de l'eau, g l'accélération de la pesanteur, H la hauteur de la houle et T sa période. Les observations rapportées dans les compilations statistiques privilégient souvent les houles les plus hautes dans une classe donnée. La matrice porte sur 18 839 observations. La classe modale (la plus fréquente) est celle des vagues de $T < 5$ s et d'une hauteur de 1 à 1,5 m. La hauteur dépasse 1 m dans 59 % de l'année, et 2,5 m dans 3,4 % de l'année. L'énergie moyenne en eau profonde est de 5 122 W/m² (5 122 joules/m²/s), ce qui représente un régime d'énergie modérée. En général, c'est le cas en Afrique de l'Ouest.

Orientation des houles

La dispersion des secteurs d'approche dans les observations publiées relève du fait qu'elles se rapportent globalement à une région-charnière affectée par deux zones d'origine, l'Atlantique N et S. En effet, le champ de vagues au large des Rivières du Sud montre deux principales composantes spatio-temporelles, l'une de secteur N, affectant l'ensemble de ce littoral tout au long de l'année, et l'autre de secteur S, notamment actif en été. Au niveau régional ouest-africain, la zone charnière entre ces deux secteurs d'approche est située aux environs de la partie centrale de la côte sierra-leonaise (fig. 7).

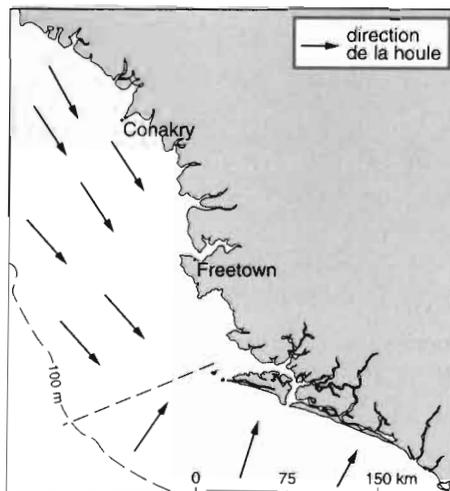


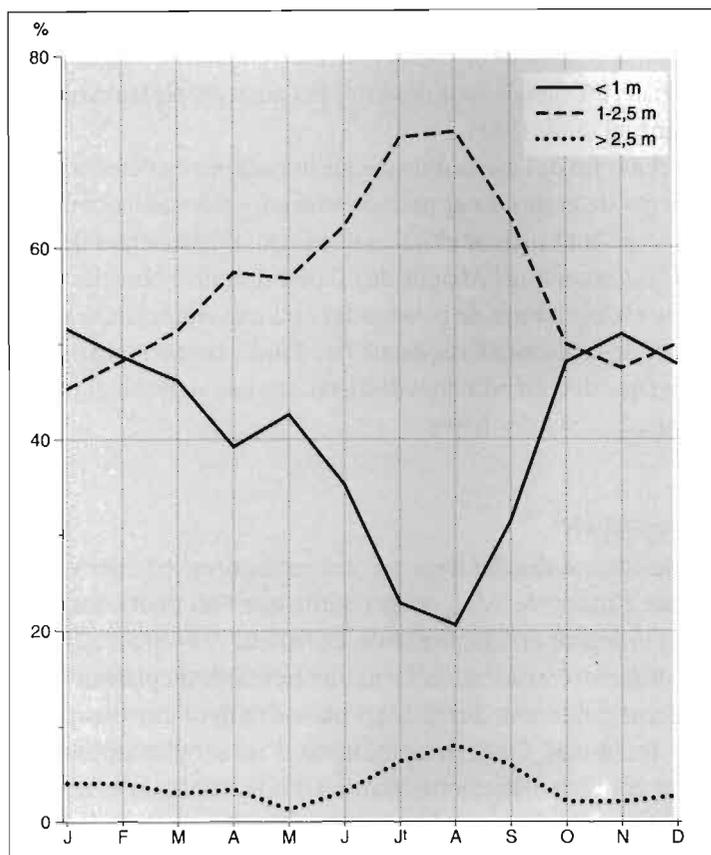
Figure 7.
Secteurs
d'approche
des houles.

Les vagues à période faible à modérée (4-8 s), originaires de toutes les directions, et donc communes aux deux secteurs principaux évoqués ci-dessus, sont générées par des vents d'upwelling et surtout par des alizés liés à une structure cellulaire méridionale de type *Hadley* dans un secteur de 40° de part et d'autre de l'équateur. La vitesse de ces vents ne dépasse généralement pas 8 m/s. En effet, ces vents sont considérablement affaiblis entre novembre et mai par des eaux d'upwelling qui se déplacent vers l'équateur et qui diminuent la différence de pression barométrique entre l'Atlantique et le Sahara (Ramage, 1974).

En été, la diminution de l'upwelling et le réchauffement du Sahara tendent à maintenir un régime local de vents faibles, mais dans le golfe de Guinée, la circulation méridienne des vents de SO, originaires de l'anticyclone de Sainte-Hélène, peut être renforcée par couplage avec une structure cellulaire zonale de type Walker (Lambergeon *et al.*, 1981) durant cette saison. Celle-ci représente une branche du Jet Tropical d'Est, qui est aussi étroitement lié à la mousson indienne, et par-delà, à la circulation globale. L'effet de ce renforcement est de donner des vagues de SO plus longues (6-8 s) et plus énergétiques. Surtout engendrées dans un rayon situé entre 62°N en été et 46° N en hiver, les houles plus longues (> 8 s et allant jusqu'à 16 s) sont originaires de l'Atlantique N. Ce domaine septentrional se caractérise aussi par des variations saisonnières importantes des latitudes extrêmes qui sont de 16 à 76°N (Davies, 1980). Ce domaine englobe donc l'anticyclone des Açores.

Les houles longues d'été de secteur S sont originaires des tempêtes de l'Atlantique S (Guilcher, 1954; Davies, 1980), et elles sont liées à la cellule des latitudes moyennes. La constance et la régularité de ces houles longues sont mises en évidence dans des travaux effectués dans le golfe de Guinée, notamment par Sitarz (1960). D'après Davies (1980), la latitude moyenne de la zone de génération maximale des tempêtes est très stable, et varie entre 54° S en hiver austral et 56°S en été austral. La zone de génération dans son ensemble s'échelonne de 47 à 60°S. La direction d'approche de ces houles varie peu : de S à SO.

À partir de ce bref aperçu, on peut donc déduire que le littoral des Rivières du Sud est soumis à un régime de houles et de vagues extrêmement variable aussi bien en matière de direction d'approche qu'en périodicité. Il se démarque ainsi très nettement d'une grande partie du littoral sableux ouest-africain, du sud de la Sierra Leone jusque dans le golfe du Bénin, qui, lui, est soumis à des houles longues et relativement constantes de secteur sud.

**Figure 8.**

Répartition mensuelle des hauteurs de la houle en eau profonde, classée en trois catégories.

Variations saisonnières

Malgré la variabilité expliquée ci-dessus, le régime de houles montre un rythme saisonnier assez net. La hauteur, qui exprime aussi l'énergie, augmente en été, de juin à septembre. C'est à partir des dépouillements statistiques (fig. 8) que les hauteurs moyennes mensuelles sont réparties en trois classes majeures, selon une classification simple du type de celle de Short et Hesp (1982) : houles basses (< 1 m), modérées (1-2,5 m) et hautes (> 2,5 m). La figure 8 montre la prédominance des houles modérées et l'augmentation de la hauteur en été, saison également marquée par une importance accrue de la classe des houles hautes. Cette hausse semble s'expliquer non seulement par le renforcement des alizés de SO, mais aussi par la remontée en latitude, déjà évoquée, de la zone de génération des houles dans l'Atlantique S ainsi que par des tempêtes plus

violentes pendant cette période (Davies, 1980). Le rôle important, en matière d'érosion estivale des estrans, joué par cette houle longue d'origine méridionale, est signalée sur des littoraux aussi septentrionaux que le nord du Sénégal (Sall, 1983).

Au début et à la fin de l'été, la dynamique littorale est également affectée par des lignes de grains. Leur passage engendre des vagues courtes à forte cambrure qui sont surtout efficaces en période de haute mer de vive-eau. Enfin, il faut noter que l'Afrique de l'Ouest se trouve hors des zones de cyclogénèse et des champs de passage des cyclones tropicaux majeurs, et du fait aussi de la sismicité régionale très faible, on peut écarter des tsunamis, bien que des phénomènes de forts coups de vent soient parfois qualifiés, à tort, de « raz-de-marée ».

Variations spatiales

L'ensemble du littoral des Rivières du Sud est façonné par des vagues d'énergie basse à modérée. Malgré un régime que l'on peut considérer spatialement homogène en eau profonde, la hauteur des vagues au déferlement varie de façon considérable. La nature très large du plateau continental et sa pente faible sont des facteurs qui entraînent une dissipation considérable des houles. Cette dissipation est d'autant plus importante que les estrans sont très largement découverts à marée basse à cause du marnage important. Dans l'ensemble, on peut délimiter un secteur central correspondant à la Guinée-Bissau et à une grande partie de la Guinée où les houles sont particulièrement dissipées à travers des hauts-fonds correspondant à d'anciens deltas ennoyés et à des bancs de vases plus proches du littoral, et encadrées par les côtes du sud-sénégalais et du nord-sierraleonais, où le plateau continental est plus étroit et plus raide, et le marnage, plus faible.

Dans ces deux secteurs encadrants, les houles jouent un rôle plus important dans le modelé, façonnant notamment des flèches sableuses et des cordons littoraux. Au-delà de cette sectorisation régionale, il existe toutefois des effets locaux très contrastés, contrôlés essentiellement par la bathymétrie très irrégulière du proche avant-côte. L'alternance de « couloirs » ou de « fenêtres » bathymétriques profonds et de hauts-fonds donne lieu à des variations spatiales locales très marquées, soulignées dans le modelé par des alternances de falaises plus ou moins vives, en érosion, des cordons ou des cheniers et des vasières de front de mer.

La climatologie et le régime hydrologique

Les facteurs climatiques

Les éléments climatiques qui interviennent de manière décisive dans les régimes d'écoulement liquides et solides des zones de mangroves des Rivières du Sud sont les vents, les précipitations, les températures, l'insolation et l'évapotranspiration.

Le régime des vents

Dans les Rivières du Sud, la fréquence et la direction des vents sont liées à l'alternance des deux saisons, sèche et humide (fig. 9).

Durant la saison sèche, la direction la plus fréquente est celle des flux provenant du nord et de l'est (ENE-NE à NNO). Ce sont des alizés issus de la ceinture des hautes pressions tropicales. Ils sont de nature différente même si leur origine est la même.

Il s'agit :

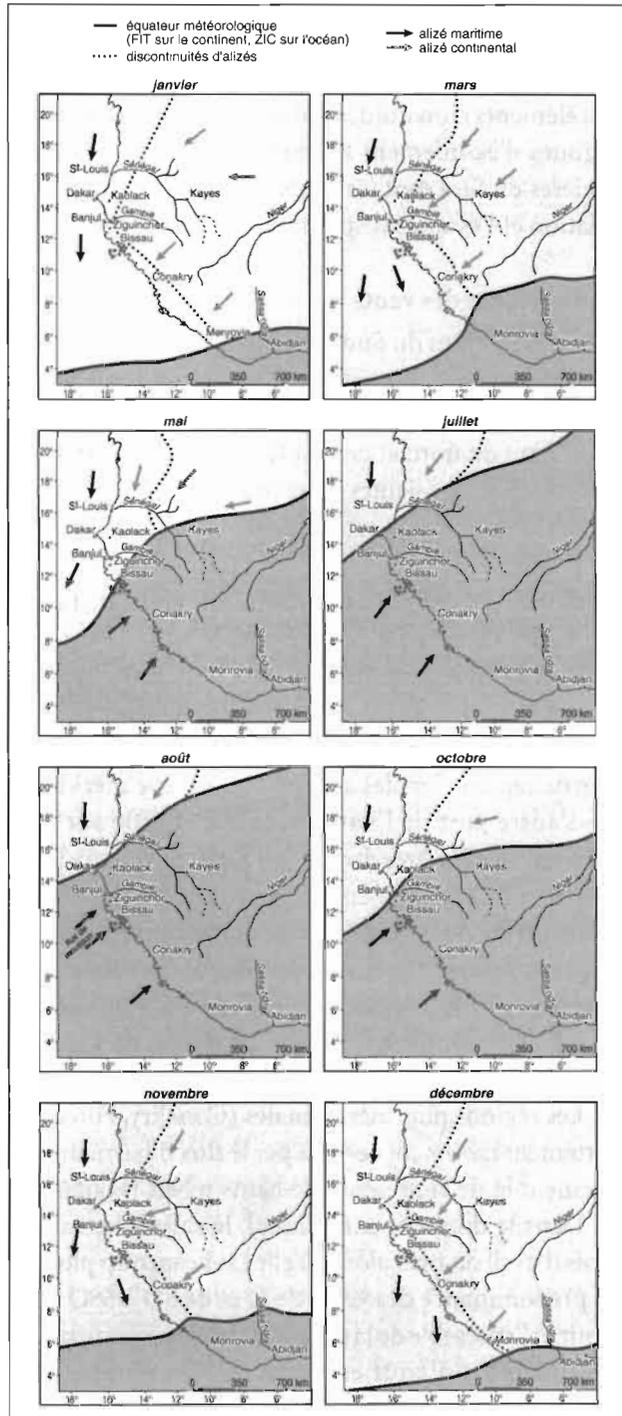
— d'une part de l'alizé maritime, originaire de l'anticyclone des Açores qui balaie l'ensemble de la région. Il est frais et humide à cause de son trajet maritime, mais il demeure stable et n'apporte pas de pluies. Sa vitesse moyenne s'accroît graduellement du nord (2 à 3 m/s à Kaolack) au sud (plus de 5m/s à Conakry), avec des directions prédominantes N (partie septentrionale) à NNO-NO (partie méridionale) ;

— d'autre part de l'harmattan qui souffle sur une bonne partie du domaine des Rivières du Sud (en particulier entre le Saloum et la Guinée-Bissau). C'est un alizé continental qui, bien qu'instable, n'apporte pas de pluies du fait de la siccité de l'air. L'origine des poussières atmosphériques qui envahissent la partie septentrionale des Rivières du Sud durant une bonne partie de la saison sèche est directement liée à la circulation de ce flux d'alizés continentaux secs. Leur direction générale reste constante, NE à ENE et E.

Les régions plus méridionales (Conakry, Forecariah, Freetown) sont nettement moins concernées par le flux d'harmattan à cause de leur éloignement et de la présence de hauts reliefs (Fouta-Djallon entre autres).

Dans le domaine méridional, la saison humide se manifeste dès le mois d'avril ou mai, alors qu'elle est beaucoup plus tardive dans le Nord. La prédominance des vents de O et de SO à SSO se fait alors nettement sentir et l'ensemble de la région est progressivement couverte par la mousson. Le mois d'août est le mois de remontée maximum du Front Intertropical ou FIT (fig. 9).

Figure 9.
Flux éoliens prédominants
dans la région des Rivières du Sud.



Source : Leroux, 1980.

À ces différentes caractéristiques du flux saisonnier s'ajoutent deux phénomènes notables par leur ampleur :

— les lithométéores, plus rares dans les régions méridionales, se sont exacerbés ces dix dernières années dans le domaine situé au nord de la Guinée-Bissau. Ils réduisent fréquemment la visibilité et entraînent un placage substantiel du matériel éolien sur les unités morphologiques en place. Leur recrudescence traduit le passage à une aridité croissante dans les régions nord ;

— les brises de terre et de mer. La première souffle la nuit et contribue à rendre plus efficace les directions des vents variant de N à ENE, notamment en saison sèche. (Guinée-Bissau, Guinée et Sierra Leone). Quant à la brise de mer, elle intervient dans l'alternance et le renforcement des vents de mousson, plus particulièrement au sud de la côte sénégalaise (direction prépondérante : SSO, O et NO).

Les précipitations

La circulation des différents flux étudiés, en particulier la pénétration des vents de mousson provenant du SSO en rapport avec la progression vers le nord du FIT, commande le régime des précipitations dans la région des Rivières du Sud. La concentration quasi-totale des précipitations entre mai et novembre laisse entrevoir trois grandes zones de répartition avec une durée de la mousson qui diminue du Sud (domaine libéro-guinéen) au Nord (région du Bas-Saloum). La pluviométrie revêt trois formes principales : des nuages isolés, des lignes de grains et des pluies continues. D'après les moyennes calculées pour la période 1951-1980 (Diop, 1990), ce domaine s'inscrit entre les isohyètes 3 500 à 4 000 mm (Conakry, Freetown, Bonthé) à 500-600 mm au nord de Kaolack (carte 5).

L'ensemble des données pluviométriques qui ont été recueillies montre leur grande variabilité et leur irrégularité interannuelle (fig. 10 et fig. 11), mais surtout la péjoration climatique qui a affecté la région durant ces deux dernières décennies.

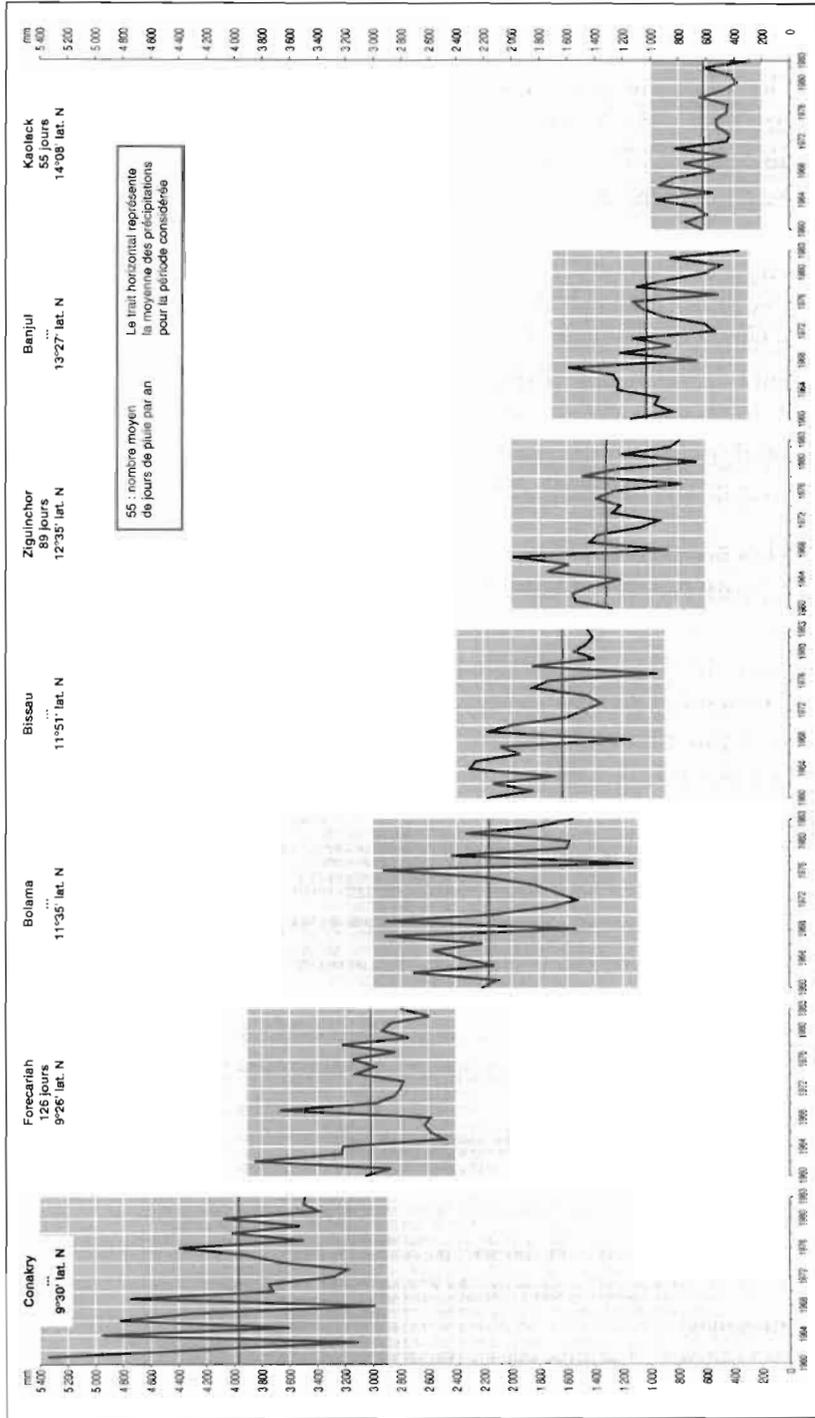
Ainsi peut-on grossièrement indiquer :

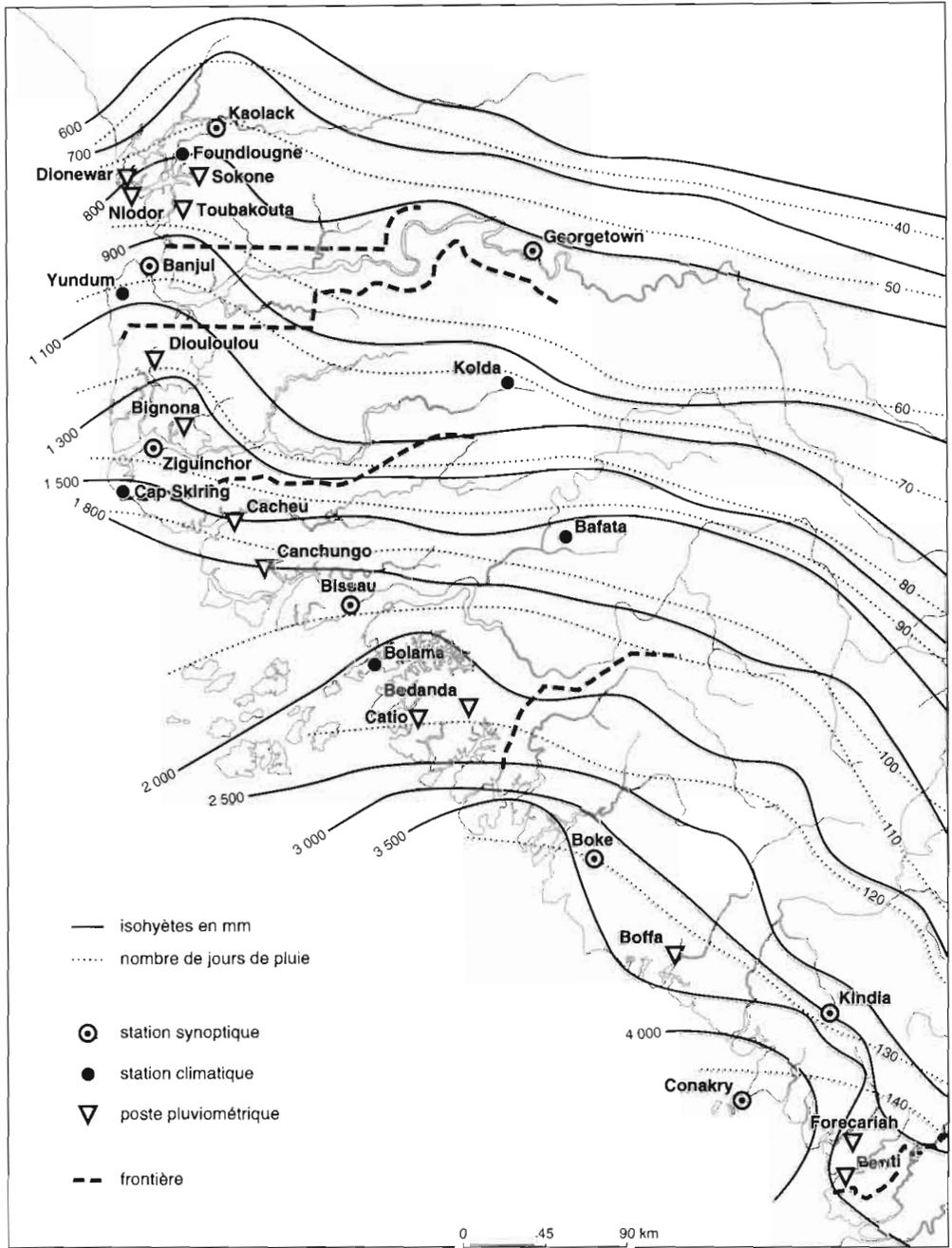
— la variabilité considérable de la pluviométrie en fonction de la latitude ;

— un contraste très net des totaux annuels entre les stations septentrionales et méridionales, en plus de l'inégalité des précipitations moyennes mensuelles ;

— la tendance, durant ces deux dernières décennies, vers une baisse généralisée de la pluviométrie, celle-ci s'accroissant avec la latitude.

Figure 10.
Variation interannuelle des précipitations entre 1960 et 1983 dans sept stations des Rivières du Sud.



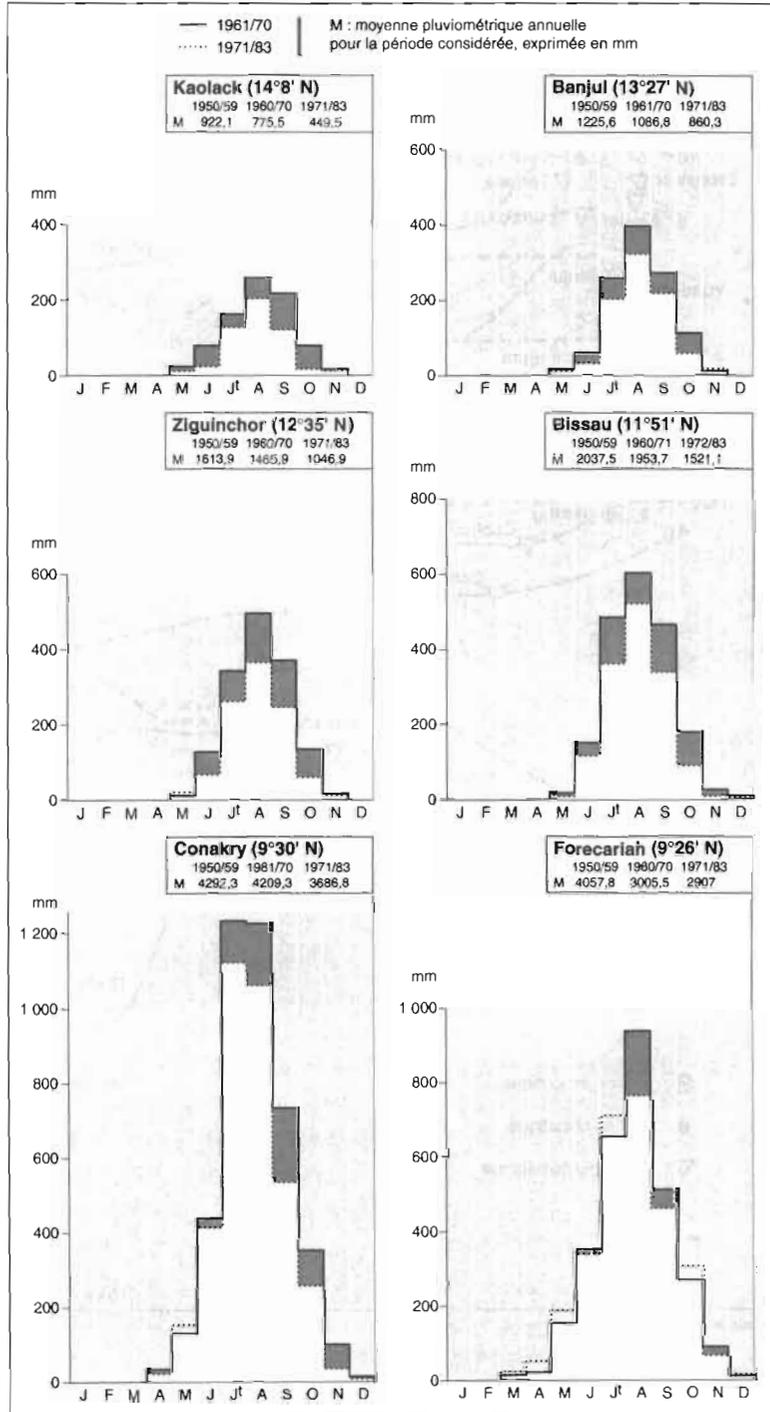


Source : Leroux, 1983

Carte 5.

Variation des précipitations moyennes annuelles dans le domaine des Rivières du Sud.

Figure 11.
Variation interannuelle des moyennes mensuelles des précipitations.



C'est ainsi que, de manière générale, on peut dégager deux grandes entités :

- une région nord, de plus en plus soumise aux processus éoliens, même si des phénomènes de ruissellement dûs à l'agressivité des pluies persistent en hivernage ;
- une région sud où les processus hydriques prédominent durant la saison humide, ce qui explique l'importance des charges solides des fleuves côtiers des deux Guinée et de la Sierra Leone, leur très forte quantité de matières en suspension et leurs panaches turbides qui s'étendent au large du plateau continental, plus particulièrement en période de crue.

Les températures

En plus du rôle thermorégulateur de la masse océanique, force est de reconnaître l'influence des vents et de la pluviométrie dans l'évolution des courbes de température. De manière générale, les courbes de température sont bimodales pour toutes les stations côtières (fig. 12), cependant, et en dépit de la nette influence du régime océanique, les amplitudes (en moyenne annuelle ou entre maxima et minima absolus) sont plus élevées au nord qu'au sud, et mieux marquées à l'intérieur que sur le littoral.

Mais en général, et pour l'ensemble de la région, deux saisons thermiques peuvent être évoquées :

- une saison sèche, fraîche en janvier, ce qui explique la présence du minimum absolu, alors que le minimum relatif d'août et de septembre est dû à la forte nébulosité de cette période ;
- une saison chaude correspondant à la fin de la saison des pluies avec des températures relativement élevées en octobre-novembre alors que le maximum absolu d'avril-mai est pratiquement atteint en fin de saison sèche.

Les régimes de l'insolation et de l'évapotranspiration

Ces deux éléments climatiques conservent toute leur importance car ils sont à l'origine de l'aridité et de la salinisation des zones de mangroves dans le domaine septentrional des Rivières du Sud.

Entre les mois de mars et de mai (saison sèche), l'ensoleillement est maximum et la nébulosité est faible, en particulier au nord. En revanche, durant les mois d'août et de septembre, le couvert nuageux, très développé en particulier à Boke, Kindia, Conakry et Freetown, explique en grande partie les faibles valeurs de l'insolation. Une corrélation très étroite

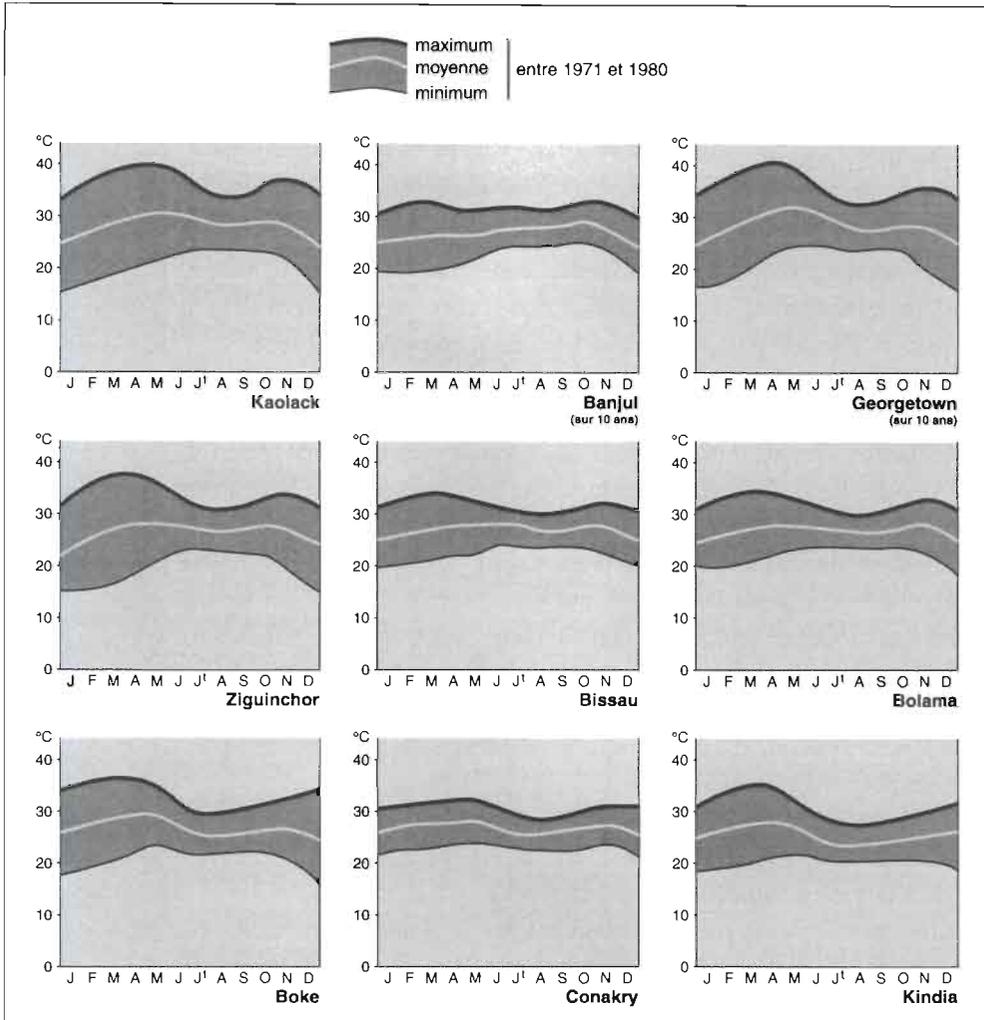


Figure 12.
Courbes
d'évolution
bimodale des
températures
dans les stations
côtières.

existe entre les courbes d'évolution de l'évaporation et de l'insolation, et les maxima sont atteints au cœur de la saison sèche (mars, avril et mai) puisque l'évaporation varie directement en fonction de l'insolation, alors que les minima sont atteints en août-septembre, mettant en évidence le rôle des pluies et du couvert nuageux dans la réduction sensible de l'évaporation et de la durée de l'insolation.

Aussi retrouve-t-on les domaines qui s'opposent :

— le Nord, où les apports en eaux douces sont faibles et les phénomènes d'évaporation intenses, entraînant en grande partie l'hypersalinisation de certains cours d'eau (par exemple le Saloum) ;

— le Sud, où les phénomènes d'évaporation sont plus réduits et où les débits des fleuves, notamment en août-septembre, sont encore très importants malgré des variations interannuelles encore sensibles.

Tous ces facteurs climatiques intimement liés et concomitants se retrouvent dans l'indice ombrothermique mensuel avec la formule $P < 2 T$. Afin de mieux mettre en évidence les caractéristiques climatiques des Rivières du Sud, un examen des diagrammes ombrothermiques établis pour des périodes de 10 ans a été réalisé (fig. 13 a et fig. 13 b).

Il en ressort que 8 à 9 mois sur 12 sont des mois secs pour des stations comme celles de Kaolack et Banjul. Les régions nord se situent actuellement à des indices xérothermiques supérieurs à 213 (ce chiffre désigne le nombre de jours biologiquement secs au cours de la période sèche selon Bagnouls et Gaussen [1955]). Au sud de Ziguinchor, l'indice xérothermique diminue fortement (inférieur à 100) avec 6 à 7 mois secs à Bissau, moins de 6 mois secs à Conakry et une pluviométrie qui, en moyenne, est 3 à 4 fois supérieure à celle au Nord. Encore une fois, l'opposition est nette entre les deux domaines extrêmes des Rivières du Sud.

Du point de vue de l'évolution des courbes d'évapotranspiration, le gradient de croissance nord-sud du rapport P/ETP (tabl. 3) doit être mis en relation avec les valeurs d'ETP qui diminuent du nord au sud à l'inverse de la pluviométrie.

STATIONS	Kaolack	Banjul	Ziguinchor	Bissau	Conakry
Pluviométrie / Évapotranspiration (1971/1980)	0,34	0,53	0,80	0,95	2,69

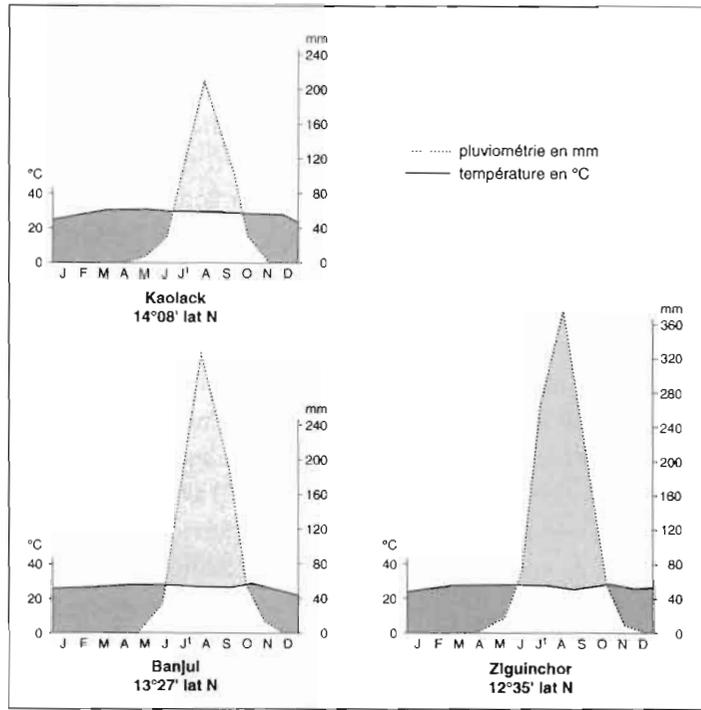
Tableau 3.
Rapport
décennal des
précipitations
et de l'évapo-
transpiration.

C'est ainsi que les déficits hydriques peuvent dépasser 1000 mm en Casamance et plus de 1200 mm à Kaolack, en climat « semi-aride », alors que l'on enregistre moins de 900 et 600 mm, respectivement à Bissau et à Conakry et Freetown, en climat hyperhumide.

Au total, les facteurs liés à l'aridité climatique sont bien présents dans la région nord étudiée, et leurs actions se répercutent très nettement aussi bien sur le bilan de l'eau que sur celui de l'alimentation des nappes, et surtout sur celui des cours d'eau. Cependant, leurs influences s'atténuent progressivement vers le sud, ce qui explique l'opposition entre les deux domaines extrêmes des Rivières du Sud, grossièrement séparés par le Rio Geba, situé en Guinée-Bissau.

Figure 13 a.

Diagrammes ombrothermiques dans le domaine septentrional de la région des Rivières du Sud.



Les incidences des facteurs climatiques sur l'hydrologie des Rivières du Sud

Les Rivières du Sud s'écoulent du nord-est vers le sud-ouest, c'est-à-dire des régions des hauts plateaux du Fouta-Djallon (pour ce qui concerne la Guinée-Bissau, la Guinée et le nord de la Sierra Leone) vers les basses plaines. L'influence du régime climatique saisonnier est manifeste sur le régime des débits fluviaux.

Si l'hydrologie constitue l'un des éléments principaux qui conditionnent le comportement et la distribution de la végétation de mangrove dans la région étudiée, l'influence des facteurs liés aux conditions climatiques et, en particulier, à la pluviométrie et à l'ETP sur les régimes des Rivières du Sud demeure déterminante à plus d'un titre. Un gradient d'écoulement fluvial apparaît très nettement du nord au sud en fonction de la pluviométrie. Et même si les régimes étudiés présentent une certaine régularité dans le temps, par la place des maxima et des minima annuels (maximum en août-septembre, minimum en avril-mai), leur irrégularité interannuelle et leur coefficient d'immodération annuel vont en crois-

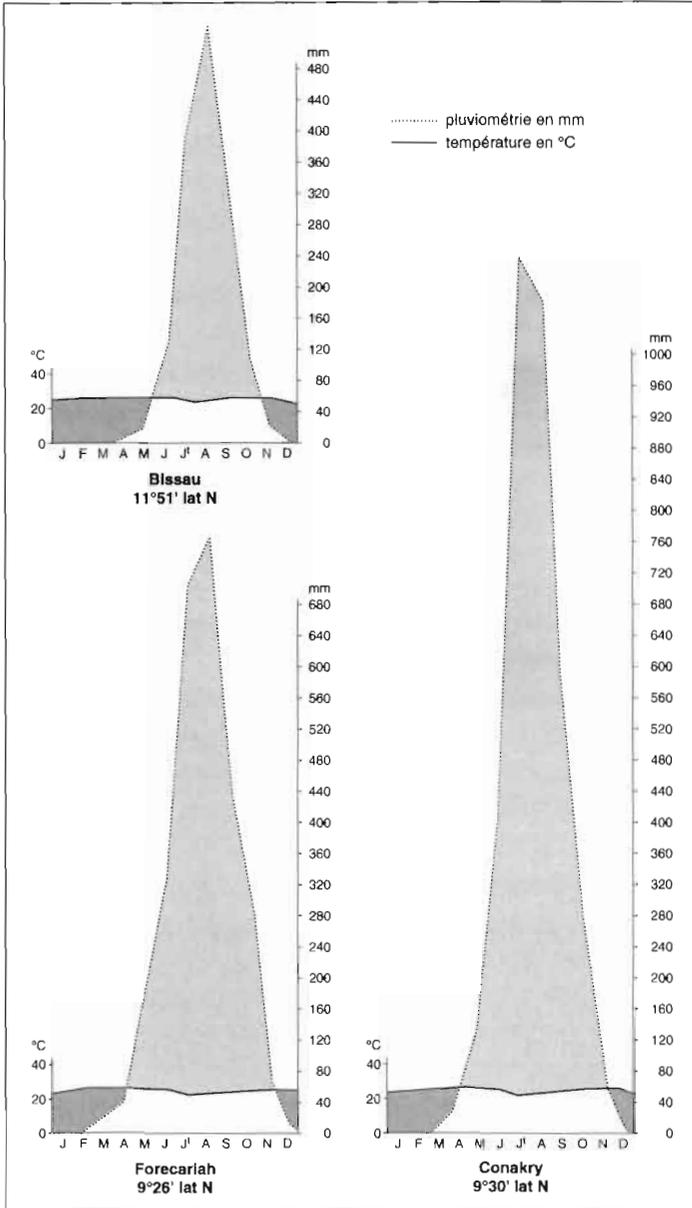


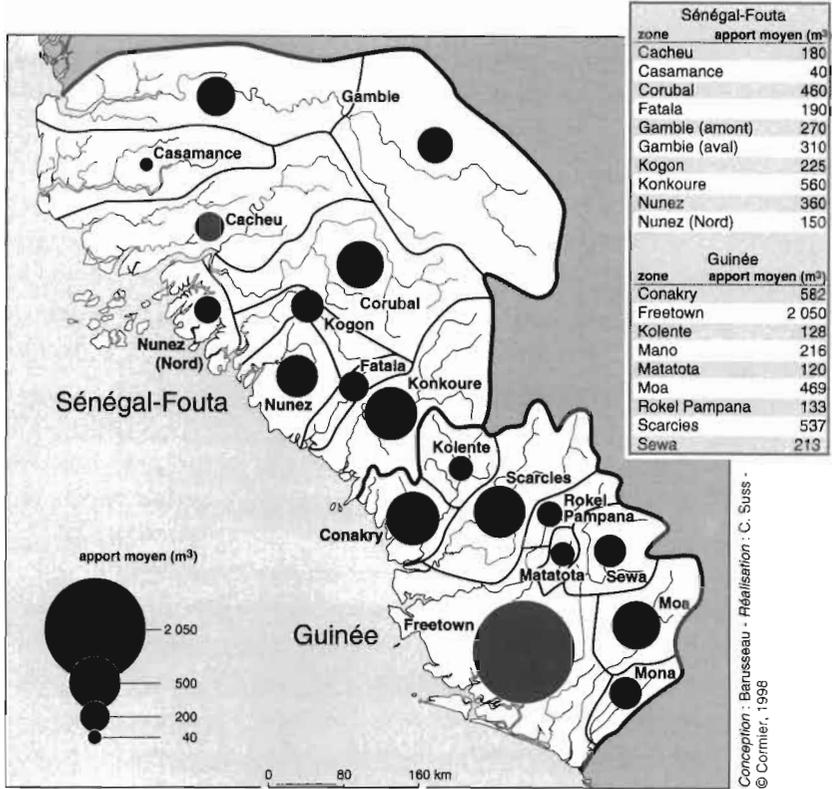
Figure 13 b.
Diagrammes ombrothermiques dans le domaine méridional de la région des Rivières du Sud.

sant du sud au nord (fig. 14), expliquant l'existence de trois types de régimes hydrologiques :

— un régime tropical humide de transition, caractéristique des fleuves de la Sierra Leone, de la Guinée et du sud de la Guinée-Bissau. Leurs bassins-versants possèdent un relief très marqué, comme c'est le cas des

Figure 14.

Apports moyens interannuels à l'océan pour les bassins-versants de la région des Rivières du Sud.



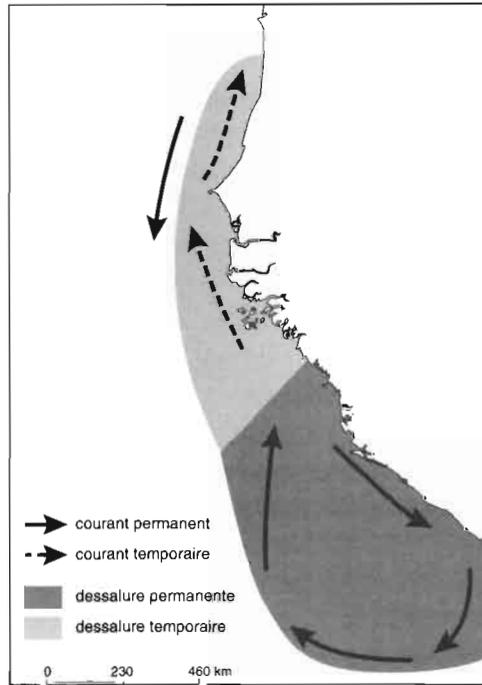
fleuves Scarcies, Rokel, Jong, Sewa (Sierra Leone), Kolente, Konkoure (Guinée), Cacine ou Corubal (Guinée-Bissau) dont les bassins-versants sont situés dans les hauts-plateaux bowé à pentes fortes des régions moyennes de la Sierra Leone et de la Guinée. Les températures et l'évapotranspiration potentielle y sont les plus faibles de la région. Le débit fluvial, quoique irrégulier, est toujours abondant.

— un régime tropical pur, caractéristique des fleuves au nord du Rio Geba (Guinée-Bissau), où le relief est moins marqué et où le climat passe du subhumide au climat sec (exemple du Cacheu, de la Casamance ou de la Gambie en aval de Goulombo). Les débits fluviaux peuvent être marqués par d'importants déficits en saison sèche.

— un régime sahélien, caractéristique du domaine nord des Rivières du Sud et qui concerne notamment le Saloum et ses bras de mer voisins ainsi que les petits affluents de la Gambie en aval de Goulombo. Le relief y est beaucoup plus plat, avec des pentes très faibles sur des formations sableuses

perméables qui recouvrent le « Continental Terminal ». Le caractère très épisodique de l'écoulement fluvial en saison humide est accentué par le déficit pluviométrique.

Cette distribution explique en particulier les dessalures observées en mer (fig. 15). En définitive, la position en latitude joue un rôle important dans l'organisation de l'écoulement des fleuves de ce domaine, même si ce rôle doit être nuancé par la situation des bassins-versants et les possibilités d'apports en eaux à partir de l'amont. C'est ainsi que durant ces dernières années, les « phénomènes d'hypersalinité » ont plus affecté les eaux de la Casamance que celles de la Gambie, qui se situe pourtant à une latitude plus septentrionale.



Source : Benit, 1966.

Figure 15.

Les zones de dessalure côtière au large de l'Afrique de l'Ouest.

Le régime de salinité et de turbidité des estuaires

Les régimes de salinité varient d'amont en aval en fonction des caractères climatiques et des débits fluviaux. Les fleuves du Nord (Saloum et Casamance, exclusion faite de la Gambie) montrent un fonctionnement caractérisé par l'existence d'un biseau de salinité orienté à l'opposé du cas naturel montré par tous les autres fleuves de la région. Le fonctionnement de ces estuaires inverses est analysé en détail sur le Saloum (Barusseau *et al.*, 1985). L'inversion du coin salé résulte de l'absence ou de l'extrême réduction du débit fluvial et provoque une exportation vers le large du maximum de turbidité au contraire de ce qui se passe dans les autres estuaires (bouchon vaseux).

Par ailleurs, et même s'il n'existe pas de données exhaustives sur les débits solides, estimés entre 10 et 20 millions de tonnes de sédiments « déversés » sur la côte guinéo-sierra leonaise (Bertrand, 1993), on peut

remarquer que tous les réseaux fluviaux, à l'exception des fleuves de l'extrême nord, apportent des silts et des argiles en saison des pluies. Dans un passé récent, des témoins d'apports détritiques terrigènes plus massifs apparaissent beaucoup plus clairement dans la zone littorale et sur le plateau continental (Diop, 1990 ; Anthony, 1990).

De manière plus spécifique, et surtout dans le domaine sud, le régime hydrologique saisonnier se répercute très nettement sur les apports de sédiments dans la zone littorale et sur la circulation estuarienne, notamment sur son régime de salinité qui régule en grande partie le régime de sédimentation. La forte turbidité demeure le trait le plus caractéristique de tous les grands fleuves guinéens et sierra-leonais. À titre d'exemple et en période de crue, Bertrand (1993) avance des chiffres de l'ordre de 500 à 800 g.m^{-3} qui peuvent atteindre 5 000 g.m^{-3} près de l'embouchure pour les charges en suspension provenant du bras occidental du Konkoure, en Guinée. Le résultat, en admettant que le débit de crue de ce fleuve atteigne 3 500 $\text{m}^{-3}.\text{s}^{-1}$, aboutit à des tonnages en éléments en suspension de l'ordre de 4 à 7 millions de tonnes au km^2 . D'après Bertrand (1993), ces valeurs très élevées expliqueraient la dénudation des versants du Fouta-Djallon qui participe ainsi, ne serait-ce que de manière partielle, à la recharge du stock sédimentaire du littoral guinéen.

Portée temporelle et spatiale des processus climatiques sur l'hydrologie des Rivières du Sud

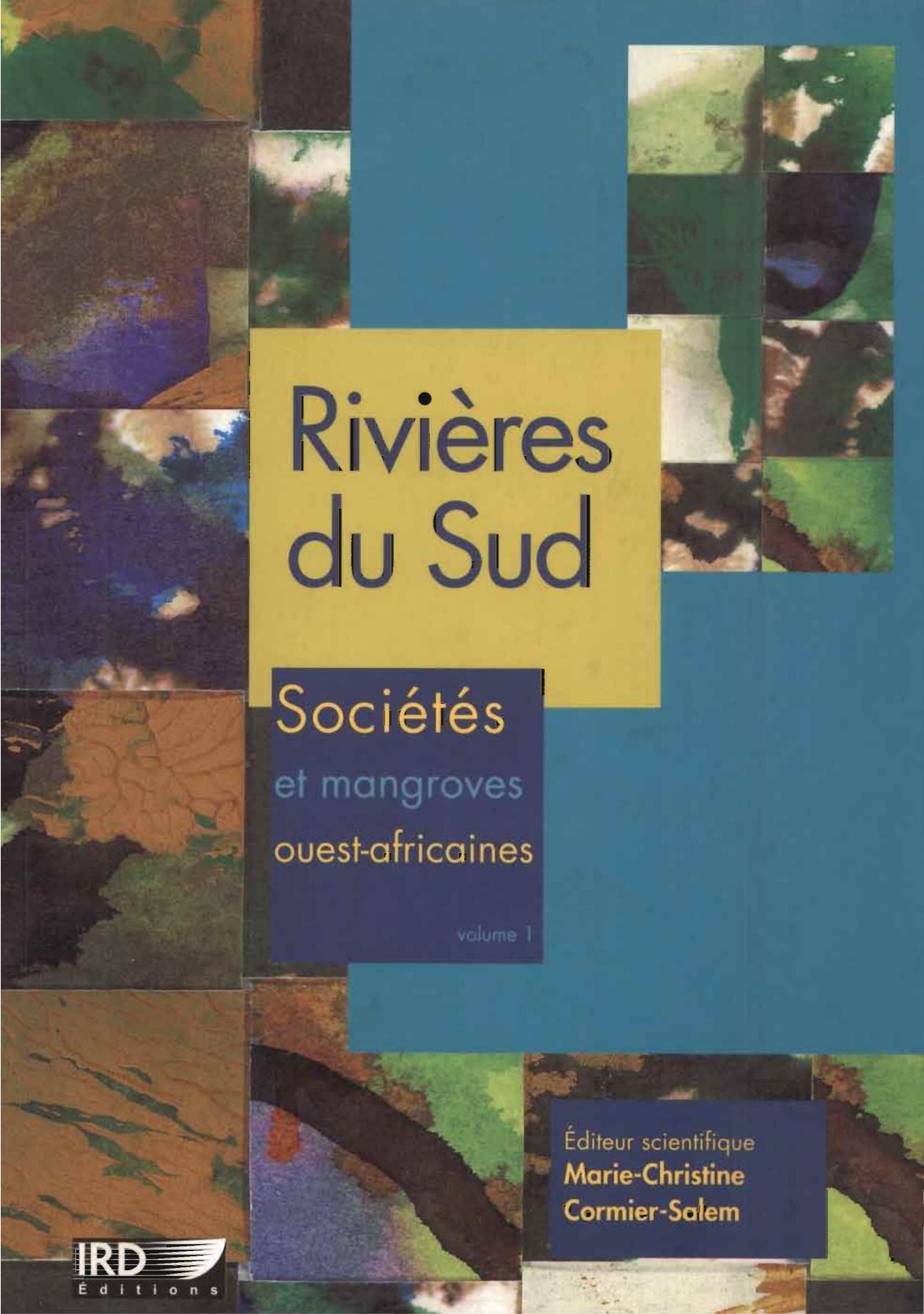
Les évolutions et changements climatiques récents se traduisent de multiples façons dans l'écosystème à mangrove des Rivières du Sud. Les régimes de salinité des eaux, notamment dans le domaine septentrional, se sont fortement modifiés ces dernières années. C'est ainsi que dans certains cours d'eau, la succession des années sèches fait sensiblement reculer les limites tidales, et les fronts de salinité sont parfois remontés loin en amont : tel est le cas du Saloum, de la Casamance ou du Rio Cacheu... Des cas limites d'hypersalinité sont même décrits dans les estuaires du Saloum et de la Casamance (Diop, 1990).

De même que la sursalure des cours d'eau, celle des sols et des nappes phréatiques constituent des processus aisément mis en évidence parallèlement à une forte dessiccation du substrat et à une reprise de l'érosion éolienne, notamment sur les cordons sableux et sur les tannes. Dans les domaines où elle semble amplifiée par l'homme, notamment dans les parties externes des estuaires, une rapide extension des formations de

tannes aux dépens des mangroves est observée, comme c'est le cas dans les régions septentrionales.

On sait aussi que la salinité joue un rôle important sur l'efficacité métabolique des espèces végétales, en particulier sur la productivité de la mangrove qui diminue lorsque la salinité s'accroît. C'est ainsi que selon les conditions hydrologiques et écologiques de la région, la taille de la mangrove, mais aussi sa densité, sa composition floristique et sa productivité varient à l'instar des mangroves basses du Saloum et de la Casamance qui s'opposent aux mangroves denses et élevées de la Guinée, de la Sierra Leone ou du Liberia.





Rivières du Sud

Sociétés
et mangroves
ouest-africaines

volume 1

Éditeur scientifique
**Marie-Christine
Cormier-Salem**

Sommaire

Volume 1

INTRODUCTION GÉNÉRALE —

Des littoraux aux limites mouvantes	15
--	-----------

Marie-Christine Cormier-Salem

PREMIÈRE PARTIE

Unité naturelle et diversité des Rivières du Sud

CHAPITRE I — L'environnement physique	33
--	-----------

Jean-Paul Barusseau

avec la collaboration de Mariline Bâ et Salif Diop

Le bâti morphostructural	33
--------------------------------	----

Le régime océanographique	37
---------------------------------	----

La climatologie et le régime hydrologique	47
---	----

CHAPITRE II — Les écosystèmes à mangrove	63
---	-----------

Daniel Guiral avec la collaboration de Jean-Jacques Albaret,

Eric Baran, Frédéric Bertrand, Jean-Paul Debenay,

Pape Samba Diouf, Jean-Jacques Guillou, Pierre Le Læuff,

Jean-Pierre Montoroi et Mamadou Sow

La mangrove : généralités sur l'écosystème, sa structure et sa dynamique	63
---	----

Daniel Guiral

Les sols	71
----------------	----

Jean-Pierre Montoroi, Daniel Guiral, Frédéric Bertrand

La végétation	80
---------------------	----

Mamadou Sow, Daniel Guiral

La macrofaune benthique	85
<i>Pierre Le Læuff</i>	
Les peuplements de poissons	98
<i>Eric Baran, Jean-Jacques Albaret, Pape Samba Diouf</i>	
L'avifaune colonisatrice des écosystèmes littoraux	117
<i>Jean-Jacques Guillou, Jean-Paul Debenay</i>	

DEUXIÈME PARTIE

Populations et sociétés des Rivières du Sud

CHAPITRE III — La santé dans la région des Rivières du Sud	133
<i>Jean Mouchet avec la collaboration de Francis Delpeuch, Ousmane Faye, Pascal Handschmacher et Mark Wery</i>	
La mangrove, milieu malsain?	133
<i>Jean Mouchet, Ousmane Faye, Pascal Handschmacher, Mark Wery</i>	
Les conditions nutritionnelles dans la région des Rivières du Sud	143
<i>Francis Delpeuch</i>	
CHAPITRE IV — L'identité humaine des Rivières du Sud : unité historique et situation d'interface	149
<i>Marie-Christine Cormier-Salem avec la collaboration de Jean-Pierre Chauveau et Stéphane Bouju</i>	
À la recherche d'une identité humaine des Rivières du Sud ..	149
Du peuplement ancien au peuplement actuel	164
Cultivateurs, États et commerçants	181
La difficile recomposition humaine des Rivières du Sud	204

TROISIÈME PARTIE

Dynamique et usages du milieu

CHAPITRE V — Aménagement technique du milieu	209
<i>Jean-Marc Écoutin avec la collaboration de Mamadou Billo Barry, Stéphane Bouju, Emmanuel Charles-Dominique, Odile Journet, Eric Penot, Olivier Ruë, Daouda Souaré et Mamadou Sow</i>	
Introduction	209
<i>Jean-Marc Écoutin, Stéphane Bouju, Eric Penot, Mamadou Sow, Olivier Ruë</i>	

Riz et riziculture dans les Rivières du Sud	210
<i>Eric Penot, Stéphane Bouju, Mamadou Sow, Odile Journet, Mamadou Billo Barry, Olivier Ruë, Jean-Marc Écoutin</i>	
Les autres exploitations agricoles	248
<i>Daouda Souaré, Jean-Marc Écoutin, Olivier Ruë</i>	
L'exploitation des ressources aquatiques	251
<i>Jean-Marc Écoutin, Emmanuel Charles-Dominique</i>	
Usages complémentaires de la mangrove	262
<i>Jean-Marc Écoutin, Stéphane Bouju</i>	
 CHAPITRE VI — La transformation du milieu :	
facteurs et acteurs	269
<i>Mariline Bâ et Christian Chaboud avec la collaboration de Jean-Paul Barousseau, Marie-Christine Cormier-Salem, Jean-Pierre Montoroi, Olivier Ruë, Mamadou Sow et Jacques Champaud</i>	
Les facteurs naturels du changement	270
<i>Mariline Bâ, Jean-Paul Barousseau, Olivier Ruë</i>	
Les facteurs démographiques, socio-économiques et institutionnels	285
<i>Christian Chaboud, Marie-Christine Cormier-Salem, Jean-Pierre Montoroi, Mamadou Sow</i>	
 CHAPITRE VII — Une unité éclatée	
<i>Frédéric Bertrand</i>	
Les facteurs de différenciation inscrits sur la longue durée ...	319
Le poids des facteurs structurants récents	336
Un ensemble régional en cours de recomposition : les types sous-régionaux d'évolution	355
Conclusion	376
 CONCLUSION GÉNÉRALE — La mangrove :	
de l'imaginaire aux pratiques	379
<i>Marie-Christine Cormier-Salem</i>	

