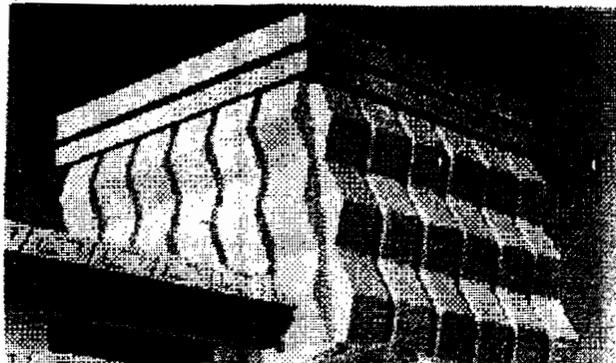


UNIVERSITE GASTON BERGER SAINT-LOUIS
U.F.R LETTRES SCIENCES HUMAINES
SECTION GÉOGRAPHIE



MÉMOIRE DE MAITRISE

OPTION : Environnement

**Cartographie d'évolution de la mangrove
de Saint-Louis**

(effets de la sécheresse et impacts potentiels du barrage de Diama)

THL 2171



Présenté par :

Amadou Pauline Diagne

Année universitaire 97-98

Sous la direction de :

**Mamadou Moustapha Sall Professeur
Mbarack Diop PH.D Environnement**

« Un fait particulier du passé où toute une série de faits s'enchaînent les uns les autres, est souvent à l'origine de ce qui existe actuellement. Le présent s'explique à peu près toujours par le passé, soit par enchaînement, soit par réaction »

J.B. Garnier

CARTOGRAPHIE D'EVOLUTION DE LA MANGROVE DE
SAINT- LOUIS
(effets de la sécheresse et impacts potentiels du barrage de Diama)

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'ESTUAIRE	13
Chapitre I Cadre physique	15
Chapitre II Le climat	20
Chapitre III Géologie et géomorphologie	29
DEUXIEME PARTIE CARTOGRAPHIE ET DESCRIPTION DE LA MANGROVE DE SAINT LOUIS	39
Chapitre I Hydrologie et hydrodynamique	41
Chapitre II Description des paysages actuels et des écosystèmes de la mangrove de Saint Louis	52
TROISIEME PARTIE LES FACTEURS D'EVOLUTION DE LA VASIERE ET LEUR IMPACTS	
Chapitre I L'impact des facteurs naturels	67
Chapitre II L'impact des facteurs anthropiques	74
CONCLUSION	77
ANNEXES	80
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	85
GLOSSAIRE	87
TABLE DES MATIERES	

DEDICACE

A mon père in Memoriam, tu m'as montré ce que peut la patience dans les longs efforts. C'est à toi que je dois la ténacité dans le travail quotidien. Regarder en haut, apprendre au delà, chercher à s'élever toujours voilà ce que tu m'as enseigné.

A ma mère in Memoriam, tes enthousiasmes ma vaillante mère tu les as fait passer en moi. Si j'ai toujours associé la grandeur de la science à celle de la patrie c'est que j'étais imprégné des sentiments que tu m'avais inspirés.

A Adja Latt SALL GUEYE

A ma sœur Diagna rappelée à dieu à la fleur de l'âge que la terre lui soit légère

A tous ceux qui me sont chers

A mes Maîtres d'Hier, d'Aujourd'hui et de Demain



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce T.E.R, aux enseignants de la section de **GEOGRAPHIE** de l'U.G.B qui m'ont guidé dans mes premiers pas de dans cette institution :

M. Mamadou Moustapha Sall Professeur Doyen de la Faculté des Lettres Sciences Humaines de l'U.C.A.D,

M. E.Salif DIOP Professeur titulaire des Universités dont les orientations m'ont été d'une très grande utilité.

M. Serigne Modou Fall Maitre-Assistant Chef de la **Section de Géographie**

M. André D'ALMEIDA Maitre-Assistant, **M.Cheikh SARR** Assistant responsable du **MODULE URBANISME**

M. Mouhamadou DIAKHATE Assistant responsable du **MODULE ENVIRONNEMENT**, **M. Oumar DIOP** Maitre-Assistant responsable du **MODULE AMENAGEMENT**

Mention spéciale à **M. MBARACK DIOP PH.D Environnement**, mon directeur de recherche, un modèle de rigueur scientifique toujours à l'écoute de ses étudiants qui n'a ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail . Qu'il retrouve ici toute ma reconnaissance.

Mr Joël Huat Chercheur à l'ISRA/P.S.I Chef du Service agronomie des cultures maraîchères pour ses conseils

A mes camarades étudiants du G 1 D (Mbaye DIOP un ami de longue date, un confident, Aly Cissokho, Ndiouga Kébé Dîmé, Kader Ba, Babacar Diouf mon voisin de chambre), Khar Gaye, Ibrahima Ndiaye ,**Papa IBRAHIMA SARR** (BIRI), Moussa Sy du cercle des miraculés, Mammy Sadio, Abdatou Kane,

Dina, Amie Faye, Fatoumata Macina, à tous mes camarades étudiants du
MODULE ENVIRONNEMENT.

A ma famille adoptive de Saint-Louis (Papa, Caroline, Awa Cheikh, Adama, Marème Ngom, Awa Sy, Theo, Aminta, Nancy, René, Abou, Sidath, Jean, Diaba, Pape, Marie Louise Neker, Edith, Ginou, Diomassy etc...)

A Abdoulaye DIAGNE Capitaine du Port de Saint-Louis, mon grand père Doudou DIAGNE, AMY Fall, Ameth DIAGNE.

A Astou Kane à Dagana, mame Khady, Dada, Dieynaba, Marème, Ameth, Omar, Zeina, Metou.

A mes soeurs (Lat Sall DIAGNE, Lala, NDeye Marie), à mes frères (Bass, Tapha , NDiaw NDiaye « grand frère »

A mes tantes (Ndella , Khady, Maimouna, Coumba etc.....)

A Ablaye Mbengue, Modou, Aziz Ndiaye, Becaye, Sédar Dione du Service de la scolarité de l'U.G.B.

Je ne saurai oublier **MADAME BEYE JENNY NECKER** qui a mis à ma disposition son ordinateur pour la réalisation de ce document, qu'il retrouve ici tous mes remerciements.

A tous mes amis de SAINT LOUIS (Pape Amadou Sow, Vieux Sène, Pathé Sène « Danois », Pathe Sène « Dalton », Gora Guéye, Babacar Sy, Amy Cissé, Yandé Dione, Négri, Grand Guéye, Sidy Ndiaye, Doudou sans oublier personne.

AVANT PROPOS

Ce travail d'étude et de recherche (T.E.R) intitulé **Cartographie d'évolution de la mangrove de SAINT LOUIS** est le prolongement d'un thème d'exposé présenté en année de LICENCE et portant sur les écosystèmes littoraux d'une manière générale. Bien que ne recouvrant que des étendues relativement limitées, les mangroves jouent un rôle important dans les pays tropicaux pour de multiples raisons notamment dans leur relation avec la pêche et comme zone d'interaction entre la terre et la mer. Etant cependant sensibles aux influences extérieures, elles sont de plus en plus menacées de disparition par la mise en valeur des terres.

La recherche scientifique et la formation de spécialistes en matière de mangrove font partie des programmes de l'**U.N.E.S.C.O.** sur différents types d'écosystèmes tropicaux par le biais du programme sur l'Homme et la biosphère (**M.A.B**). Les activités comportent surtout la promotion de projets pilotes de recherche sur les écosystèmes de mangrove dans différentes parties du monde.

Donc étant donné l'importance de ces écosystèmes côtiers tropicaux peu connus, nous avons senti la nécessité d'apporter notre modeste contribution quant à la connaissance de cet écosystème surtout au niveau de SAINT LOUIS qui constitue la limite septentrionale de son aire d'extension dans la mesure où l'essentiel des travaux faits au SENEGAL sont consacrés aux mangroves de CASAMANCE et du SALOUM. Nous ne saurions avoir la prétention de faire une étude exhaustive vu la limitation de nos moyens, mais allons nous contenter de procéder à une description des paysages actuels et des écosystèmes de la

mangrove de SAINT LOUIS et de déterminer les facteurs qui président à son évolution.

Ainsi le travail va s'articuler autour de trois parties principales.

Dans la première partie nous allons procéder à une description des caractéristiques écologiques du milieu.

La deuxième partie sera consacrée à la description des paysages actuels de la mangrove par une détermination des différentes composantes de l'écosystème à savoir la végétation et la faune.

Enfin dans la troisième partie nous procéderons à une détermination des différents facteurs qui président à l'évolution de la végétation tout en essayant de quantifier le niveau de dégradation.

METHODOLOGIE

Comme tout travail de recherche, nous avons procédé premièrement par une recherche documentaire qui nous a permis de faire l'état des lieux sur la production scientifique en matière de mangrove.

C'est ainsi que nous avons sollicité les services de la bibliothèque universitaire de DAKAR, celle de SAINT-LOUIS, le centre de documentation de l'U.F.R des Lettres et Sciences Humaines de l'U.G.B, le centre de documentation de l'O.M.V.S à Saint-Louis, de l'I.S.R.A. de SAINT LOUIS la bibliothèque de l'O.R.S.T.O.M. à Dakar et celle du C.S.E.

Cette première étape nous a permis d'avoir une vision globale et généraliste sur la mangrove et des différents facteurs environnementaux qui président à sa mise en en place tout comme ceux qui peuvent contribuer à son extinction c'est à dire à sa dégradation.

La deuxième étape fut l'exploitation des photographies aériennes pour une quantification des dégâts subis par l'écosystème.

Enfin comme tout travail géographique faire un parcours de terrain pour une vérification des informations contenues sur les photos et cartes et déterminer les différents types d'impacts qui s'exercent sur l'écosystème et que les cartes ne peuvent nous révéler. C'est ainsi que la zone a été parcouru à pied mais aussi en pirogue pour les zones d'accès difficile.

Le traitement des données a été réalisé à l'aide du Logiciel EXCEL Version 5.0 (réalisation des courbes et des graphiques) et la saisie du document avec le Logiciel WORD 6.0.

L'utilisation du logiciel ECOZONE pour l'étude des impacts sur la mangrove.

INTRODUCTION GENERALE

Considérés comme des milieux de sédimentation active les écosystèmes concernés par les formations de mangrove sont multiples et divers. En effet c'est des formations végétales caractéristiques des deltas, estuaires et baies des régions intertropicales soumises à l'action de la marée.

Du point de vue géographique, la mangrove de Saint Louis est située à la limite septentrionale de la zone d'extension de ce paysage c'est à dire entre 16°20 de latitude NORD et 13°30 de longitude OUEST et couvre une superficie de **281 ,52 HECTARES** (photo aérienne de 1989 au 1/60.000).

Les formations végétales sont essentiellement représentées par :

- ◆ *Rhizophora racemosa* caractérisé par des racines échasses
- ◆ *Avicennia* aux racines aériennes munies de pneumatophores

Les trois conditions qui président à la formation de la mangrove sont : le climat, l'étendue du domaine intertidal et la salinité.

La température stationnelle varie de 19 à 33°C en fonction de la profondeur, de la saison et de la marée. La salinité reste le principal facteur hydrologique. Elle varie grandement au niveau du sol et de l'eau et dépend essentiellement du débit du fleuve, de la capacité des bassins versants de déverser des eaux de pluie, de l'évaporation et de la durée saisonnière des marées.

Depuis le début des années 1970, le Sahel en général et le SENEGAL en particulier sont touchés par une sécheresse dont les conséquences sur les sols et la végétation sont considérables.

Depuis 1972 on constate une diminution de la saison des pluies qui est réduite à 3 mois (Juillet-septembre) au lieu de 5 mois habituels d'où une augmentation de l'évaporation par rapport au drainage.

A ce premier facteur d'évolution du milieu est venue s'y ajouter à partir de 1985 la mise en eau des barrages de DIAMA et de MANANTALI avec une modification des conditions écologiques dans le bief estuarien du fleuve Sénégal.

Quels sont les effets de la sécheresse sur ~~cet~~ écosystème et comment se manifeste-t-elle ?

Les nouvelles caractéristiques écologiques du milieu ont-elles des conséquences sur la mangrove ?

Comment cette dernière réagit face à cette nouvelle dynamique ?

C'est dans le but de répondre à cette kyrielle de questions que nous avons envisagé dans notre approche de procéder :

- ◆ **dans un premier temps** par une description des caractéristiques écologiques du milieu
- ◆ **deuxièmement** par une approche cartographique étalée dans le temps par le biais des photographies aériennes pour voir les différentes transformations subies par l'écosystème

- ◆ **troisièmement** déterminer les facteurs qui président à son évolution tout en essayant de quantifier leur impact sur les différentes composantes de l'écosystème (sur les sols, la végétation et la faune).

- ◆ **troisièmement** déterminer les facteurs qui président à son évolution tout en essayant de quantifier leur impact sur les différentes composantes de l'écosystème (sur les sols, la végétation et la faune).



PREMIÈRE PARTIE
CARACTERISTIQUES
GENERALES DE L'ESTUAIRE

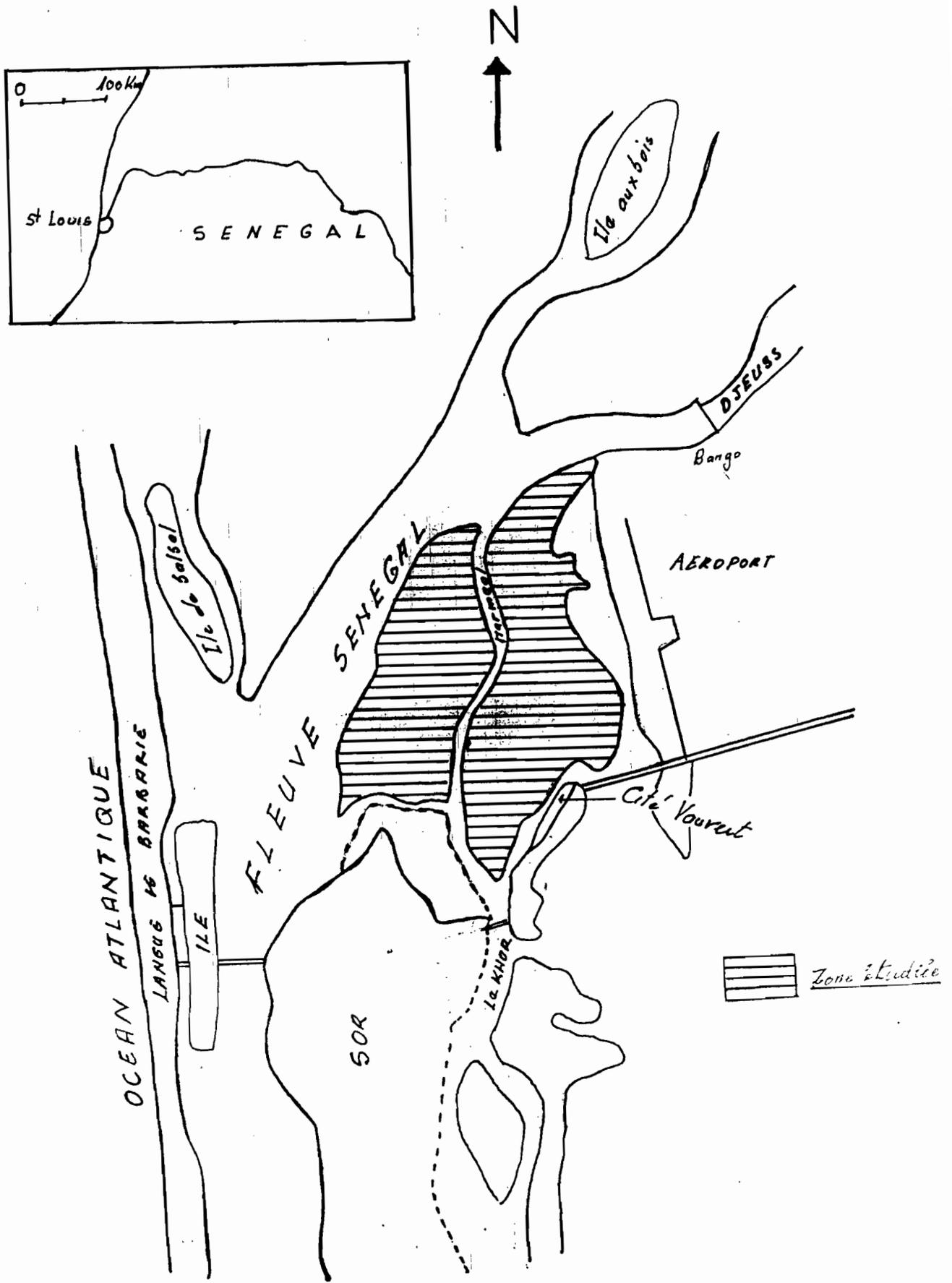


Fig. 1. Carte de situation de l'estuaire du Sénégal.

Chapitre I CADRE PHYSIQUE

L'estuaire du SENEGAL se trouve scindée artificiellement en deux parties :

- ◆ l'amont où est installée l'eau douce
- ◆ l'aval envahi par la mer

I.1 Cadre géographique et aperçu général sur l'estuaire

I.1.1 Le relief

La topographie est monotone. C'est une immense plaine au relief comportant :

- ◆ des levées alluviales édifiées le long du fleuve SENEGAL et de ses principaux défluent et dont l'altitude ne dépasse pas 2 m
- ◆ des dépressions à fond argileux généralement salées et inondées en période de hautes eaux . Elles forment de véritables lacs après le retrait des eaux avant de s'assécher progressivement
- ◆ des ensemble dunaires hérités des épisodes morphoclimatiques du quaternaire et dont les hauteurs atteignent à peine 8 à 10 m. Elles sont localisées à l'ouest où elles forment le cordon littoral , au S.W aux environs de Gandiole et se poursuivent par les grands ensembles dunaires du Cayor au Sud.

Donc le delta est un modelé d'accumulation avec la prédominance des formations dunaires.

I.1.2 Le réseau hydrographique

Il est composé essentiellement par le fleuve SENEGAL long d'environ 1800 Km et qui prend sa source dans le massif du Fouta djallon en Guinée. Il est formé de la jonction du Baffing et du Bakoye à Bafoulabé et qui sert alors de frontière sur le reste de son parcours entre le SENEGAL et la Mauritanie.

I.2 Formation du delta

La formation du delta remonte au Nouakchottien qui est une période de régression marine avec l'édification d'une lagune derrière un puissant cordon littoral. Le SENEGAL se divise alors en plusieurs bras qui prenaient en écharpe les dunes littorales et qui constituaient autant d'embouchures; le delta typique a été identifié aux Maringouins. Selon TRICART (1961), ce delta était constitué par un système de levées assez minces (0,50 Km de large) escortant les bras principaux. Ces derniers avaient une disposition en pattes d'oies caractéristiques et étaient séparés par des lagunes occupées par de l'eau saumâtre. Durant cette période le delta a principalement évolué dans sa partie aval.

Après le Nouakchottien, l'assèchement climatique et les actions littorales ont progressivement modifié ces actions avec le colmatage de l'ancienne lagune. Le SENEGAL dans l'impossibilité d'atteindre la mer a progressivement dévié vers le Sud : les anciennes embouchures se sont colmatées et les eaux dans un chenal unique ont cherché leur issue vers le Sud.

Aujourd'hui l'ambiguïté demeure sur la nature de la partie terminale du fleuve. S'agit il d'un delta ? d'un pseudo-delta ? d'un delta fossile ? ou tout simplement d'un estuaire ?

Pour TRICART(1961) : le delta du SENEGAL répond à tous les éléments génétiques de la définition d'un delta typique par :

- ◆ une construction alluviale de niveau de base édifié dans une nappe d'eau
- ◆ le colmatage de l'ancien golfe Nouakchottien rapidement fermé en lagune l'arrivée des alluvions jusqu'au droit de la côte.

C'est à partir de ce stade que les branches du SENEGAL pouvaient donner naissance à une saillie du littoral.

Selon, KANE (1985) ce n'est pas parceque le delta du Sénégal ne fait pas saillie dans la mer qu'il n'existerait pas. Les raisons sont à chercher dans le régime hydrologique du fleuve et dans le jeu de la dynamique littorale . Le fleuve n'est doté d'une réelle puissance que pendant la période des hautes eaux. Pendant le reste de l'année il est confronté aux actions marines qui contrecarrent sans peine les effets de la crue. Durant cette période le fleuve s'affaiblit et on assiste à une remontée de la langue salée. Tout ce que nous pouvons dire c'est que le cours inférieur du SENEGAL se termine par un estuaire soumis à l'influence océanique jusqu'en amont de Dagana. Cependant l'intrusion marine est arrêtée par le barrage anti-sel de DIAMA construit depuis 1985.

I.3 Caractères topographiques

Le profil en long est très irrégulier :les pentes des principales rivières sont élevées dans le cours supérieur mais s'abaissent rapidement au fur et à mesure du parcours.

Le Baffing considéré comme la branche mère naît dans le Fouta Djallon et de sa source a une pente de 13,10% . Cette pente se réduit à 5,90% jusqu'à Bafoulabé.

Le Bakoye qui prend sa source sur le bord du plateau mandingue a une pente légèrement supérieure à celle du Baffing. D'abord forte (26%) elle s'abaisse et s'établit à 5,50 % à la confluence avec le Baffing.

De Bafoulabé à Bakel la pente du fleuve s'abaisse à nouveau(3 %). Il reçoit divers affluents (kolombiné 4,7%, kara-koro 3,7 %) et franchit des seuils (seuil de Talari), des rapides et des chutes (aux chutes de Gouina elle passe de 62 à 47 m et à Félou de 39 à 23,50 m). La pente du profil s'affaiblit, se réduisant à 0,07% jusqu'à Bakel pendant la saison des basses eaux.

A partir de Bakel, le SENEGAL coule dans son cours inférieur et a une pente très faible. Dans la vallée alluviale caractérisée par de larges plaines d'inondation (largeur entre 10 et 25 KM), le fleuve décrit de nombreux méandres et reçoit de multiples bras secondaires (Diamel, Doué et Gorgol) qui serpentent la vallée. La pente est faible : au moment des moyennes eaux elle est de 0,30 % de Bakel à Boghé puis de 0,10 % de Podor à Richard-Toll.

Dans le delta, le paysage est celui d'une large plaine. La pente est à peine perceptible; elle passe de 0,60% à 0,10% et est à Saint-Louis au niveau de la mer.

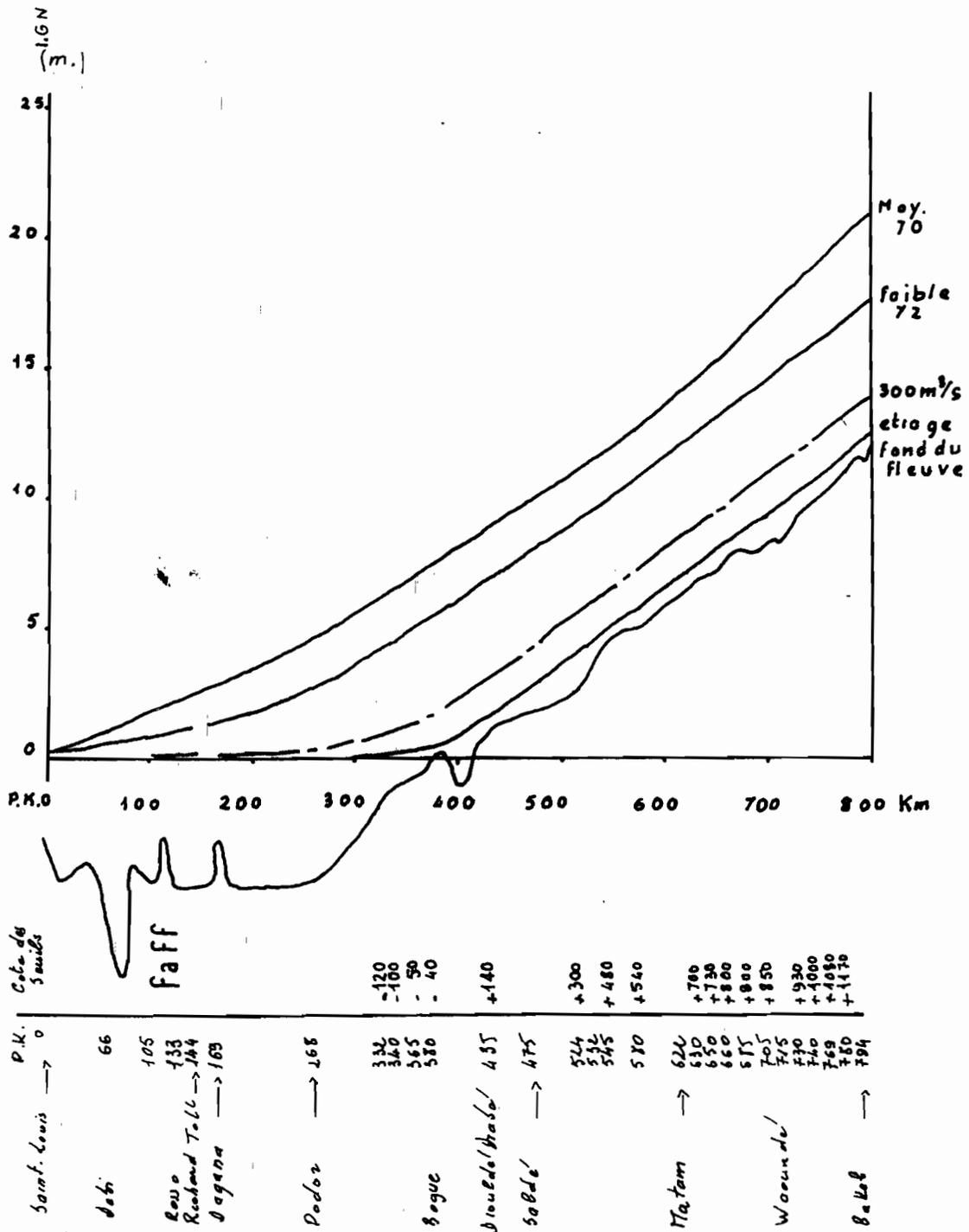


Fig: 2 Profil en long du fleuve sénégal de Bakel à l'embouchure et position du plan d'eau pour différentes vues
Source OMVS 1980.

Chapitre II. LE CLIMAT

La zone géographique de notre étude se situe en domaine maritime. C'est ainsi que les caractéristiques climatiques ont été établies à partir des données recueillies à la station météorologique de Saint-Louis.

II.1 Les facteurs du climat

Le climat de la zone nord est la résultante de 3 centres d'action :

- ◆ l'anticyclone des Açores et les hautes pressions d'Afrique du nord
- ◆ l'anticyclone de Sainte-Hélène
- ◆ la dépression continentale d'origine thermique de l'Afrique de l'ouest.

De novembre à mai, la zone est sous l'influence des alizés. L'alizé maritime soufflant sur Saint-Louis se caractérise par son humidité. Il n'engendre pas de précipitations mais des condensations (rosée-brouillard)

De mai à octobre, les flux issus de l'atlantique sud apportent la mousson qui est un alizé dévié après son passage de l'équateur géographique.

A partir de juin-juillet nous avons dans l'hémisphère sud un renforcement de l'anticyclone de Sainte-Hélène qui constitue une ceinture continentale avec les hautes pressions de l'océan indien.

Les flux issus de l'anticyclone de Sainte-Hélène maintenus au sud de l'équateur géographique sont aspirés vers les zones de basse pression. Ils sont chargés d'humidité à cause de leur parcours océanique. C'est ce vent humide qui est générateur des précipitations notées pendant cette période.

Donc grace au jeu des masse d'air on assiste à l'existence de deux expressions climatiques :

- ◆ l'une de saison sèche très longue avec l'alizé,
- ◆ l'autre de saison des pluies sous régime de mousson.

Pendant la saison sèche, un flux E-W issus des cellules des hautes pressions maghrébines se fait sentir. Il se mêle et se confond avec l'alizé continentalisé et engendre l'harmattan qui est un vent chaud et sec soulevant sable et poussière.

II.2 Les éléments du climat

II.2.1 Le vent

L'estuaire du Sénégal se trouve dans la zone de balancement des alizés. Des nuances sont introduites par la présence de l'océan atlantique à l'ouest et du continent à l'est avec l'influence des brises de terre ou de mer. C'est le recul ou l'avancée des masses d'air sèche ou humides qui règle l'alternance des saisons. Les vents sont de vitesse et de direction variables.

Pendant la saison sèche le régime est exclusivement celui des alizés (l'alizé continentalisé et l'harmattan peuvent atteindre des vitesses comprises entre 7 et 14m/s. D'après M.SALL (1993), les vents supérieurs ou égaux à 12m/s passent de 54,20 à 72,90% soit une augmentation de 34,5.

Tableau I Régime des vents à Saint Louis

Classe de vent m/s	1980 1984		1985 1989	
	Nb	%	Nb	%
6 8	5	11,3	1	2,7
9 11	15	34	11	25
12 14	18	40,9	19	43,1
15 17	6	13,8	8	18,1
18 20	0	0	4	9
+ de 20	0	0	1	2,7

Source : MM SALL (1993)

Le littoral connaît cependant un régime différent; l'alizé maritime soufflant du nord et du NW. A la station de Saint-Louis, les flux issus du nord s'installent dès le mois d'Octobre en revanche ceux de NW sont permanents pendant toute la saison sèche; les vitesses sont modérées.

Au cours de la saison des pluies on note la prédominance du vent de mousson. Les vents d'ouest et du SW circulent avec une vitesse faible et constante; le pourcentage des jours calmes est élevé à Saint Louis (O.M.V.S. 1980).

Sur une échelle chronologique de 9 ans (1980-1989) on note que c'est seulement pour la période 1985-1989 que l'on enregistre des vents > 20m/s. Cette tendance reste maintenue même après élimination des vents de saison des pluies Tableau II.

Tableau II : Classe des vents maximums instantanés à Saint Louis (toutes saisons)

Classe de vents m/s	1980 1984		1985 1989	
	Nb	%	Nb	%
6 8	5	8,3	1	1,6
9 11	19	31,6	13	21,6
12 14	21	35	23	38,6
15 17	12	20	14	23,3
18 20	3	5	7	11,6
+ de 20	0	0	2	3,3

Source : M SALL (1993)

D'une façon générale on note une prédominance des vents d'Est (34%) suivis de ceux des secteurs NNW à N.E d'une part, d'autre part de la faiblesse des vents de secteur SSE à WSW pour l'intervalle chronologique 1979-1989.

II.2.2 Les températures

A Saint Louis, la température moyenne annuelle est faible (25°). La proximité de l'océan réduit considérablement l'amplitude thermique annuelle. Les températures s'élèvent en hivernage avec l'arrivée des masses d'air issues de l'anticyclone de sainte heléne ; chauds et humides, elles repoussent les alizés maritimes qui contribuaient à rafraîchir le climat.

Tableau III Température moyenne à Saint Louis

	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
Tmax	28	29	28	26	26	29	31	31	32	31	30	29
Tmin	16	16	17	18	19	23	25	25	25	24	21	18
Moy/AN	22	23	23	22	23	26	28	28	29	27	26	23

Source : Station météo Saint Louis

La faiblesse des températures s'explique par la situation littorale de la station et de l'inertie thermique océanique. La courbe des températures minimales moyennes mensuelles est unimodale avec un maximum au mois de septembre (25°) et un minimum en janvier (16°) lié à l'influence de l'océan.

II.2.3 Les précipitations

Les pluies pour l'essentiel tombent pendant l'hivernage. Au mois de juillet le littoral saint-louisien demeure en grande partie sous la domination des flux d'alizés issus de l'anticyclone des Açores. Cette situation se traduit par des lignes de grains qui peuvent apporter la pluie.

Le maximum des pluies se situe en août-septembre; le mois d'octobre est marqué par une baisse brutale des hauteurs de pluie à cause du renforcement des effets anticycloniques mais également du retrait rapide des vecteurs de pluie. Les précipitations sont liées à Saint Louis aux perturbations des lignes de grain qui prennent naissance dans la zone du lac Tchad et celles situées à l'ouest de la boucle du Niger (KANE 1985).

La région de Saint Louis ne dispose que de 1 à 2 mois de pluie à peine supérieures à 100 mm tandis que la pluviométrie extrêmement irrégulière est inférieure à 500 mm exception faite à l'année 1969 où on note une hauteur de 531 mm (Tableau IV)

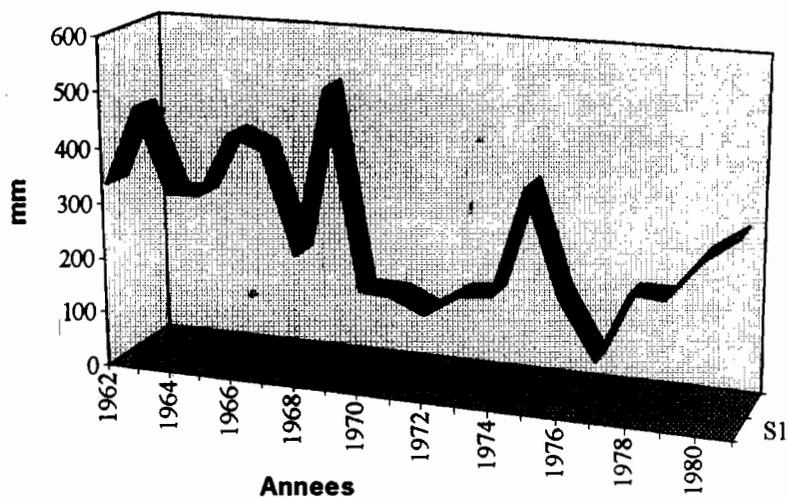
Tableau IV Pluviométrie moyenne annuelle à Saint Louis

1962	331,8	1967	415,6	1972	152,1	1977	102,3
1963	473,4	1968	233,4	1973	190,4	1978	222,7
1964	322,7	1969	531	1974	196,8	1979	220,5
1965	323,4	1970	179,9	1975	389,4	1980	294,3
1966	438,6	1971	177	1976	205,8	1981	335,8

Source: Station Météo de Saint Louis

La courbe d'évolution des précipitations montre pour l'échelle chronologique considérée (1962-1981) une baisse généralisée des précipitations à partir des années 1970. Cette situation intervient dans un contexte de péjoration climatique.

Fig. 3 Courbe d'évolution des précipitations à Saint Louis
Source: Amadou P. DIAGNE 1998



II.2.4 L'insolation

A Saint Louis, le début de l'insolation se situe généralement vers 7 heures. La durée moyenne journalière est égale ou supérieure à 7. Le nombre d'heures d'insolation montre au cours de l'année un minimum en janvier-fevrier et un maximum de Mars à Mai. La progression annuelle montre un minimum secondaire en août par suite de la forte couverture nuageuse et un maximum secondaire en octobre-novembre. La station de Saint-Louis totalise environ 3000 heures d'insolation.

TABLEAU V INSOLATION EN HEURES DUREE MENSUELLE ET ANNUELLE ET MOY JOURNALIERE

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
216	220	283	289	280	242	230	221	225	237	233	213	2889
7	8	9	9	9	8	7	7	7	8	8	7	8

SOURCE : METEO NATIONALE

II.2.5 L'humidité relative

Elle est étroitement liée aux régimes pluviométriques et thermiques.

L'évolution générale de l'humidité relative est liée à la station de Saint Louis aux masses d'air et à leur déplacement et elle est influencée par la proximité de l'océan. Le minimum de décembre-janvier s'explique par le fait que durant cette période la station est sous la domination de vent du N-E continentalisé qui renferme peu d'humidité.

Le maximum se situe en août-septembre(abondance des pluies)et avoisine 90 %. Néanmoins la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère reste élevée durant toute l'année; le minimum de décembre-janvier reste élevée (54-

59 %) pour une normale d'environ 65 % (KANE 1985). Du fait donc de sa position maritime Saint Louis baigne en permanence dans un air humide et cette humidité constante favorise la condensation.

TABLEAU VI HUMIDITE RELATIVE EN % MAX. ET MIN. JOURNALIER

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Ux	82	88	91	93	95	94	91	92	91	91	87	83	90
Un	36	45	51	61	73	76	74	73	70	62	48	39	59

SOURCE :station Météo Saint Louis

II.2.6 L'évaporation

D'une manière générale, l'évaporation est minimale pendant la saison des pluies (importante couverture nuageuse, humidité de l'air élevée baisse des températures faible insolation).

La tranche d'eau évaporée est importante : 1879 mm.

Ce qu'il faut noter c'est que l'évaporation augmente et décroît en sens inverse des précipitations. Le taux d'évaporation est également fonction de la température et du degré d'humidité de l'air :

L'évaporation est maximale au cours de la saison sèche quand l'insolation est importante, les précipitations inexistantes, l'air froid et sec. Janvier, le mois le plus froid de l'année enregistre une des plus fortes évaporations (7,30mm/j) tandis qu'au maximum thermique de septembre (32°C) correspond une évaporation minimale (3,40mm/j).

TABLEAU VII Evaporation moyenne journalière (Piche en mm) 1949-1978

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An	Total
7,3	7,1	6,5	5,4	4,3	3,9	3,9	3,6	3,4	4,1	5,7	6,6	5,1	1879,6

Source :SECK 1981

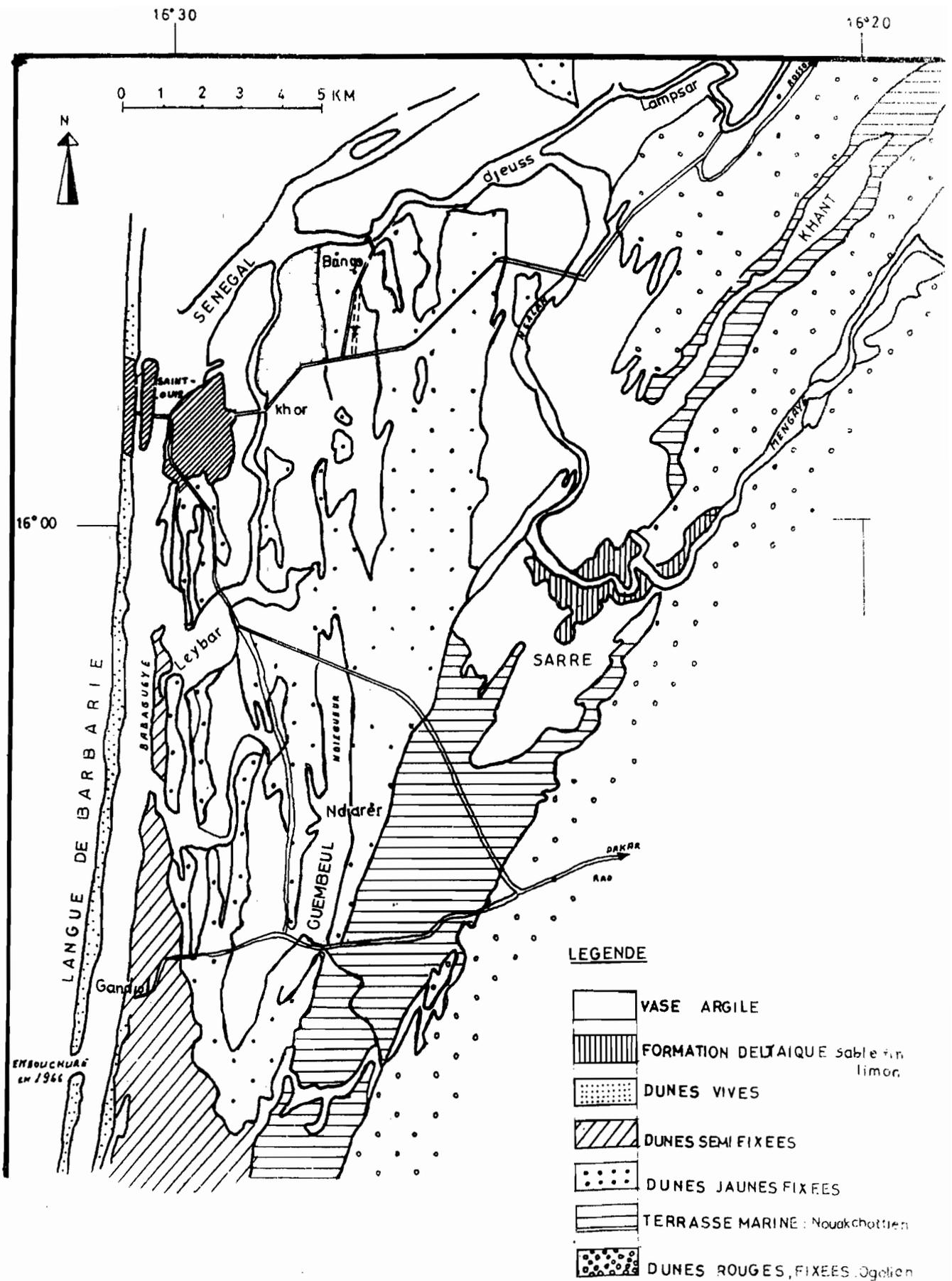


Fig 4: CROQUIS GEOMORPHOLOGIQUE DE LA REGION DE SAINT LOUIS

Chapitre III GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE .

La région étudiée appartient au bas delta du Sénégal. Les différentes unités géomorphologiques représentées montrent la part essentielle prise par le quaternaire surtout le quaternaire récent dans le façonnement des différents types de modelés.

III.1 Le quaternaire récent

Il est plus connu et les dépôts sont très variés (Figure. 4). Les sédiments marins et le modelé résultent des dernières oscillations climatiques, des variations du niveau marin et datent de la dernière transgression. Ces séries sédimentaires constituent l'ossature géologique de la région.

III.1.1 L'Ogolien (22000-16000 B.P.)

Le climat a évolué vers l'aridité dans les dernières périodes du quaternaire. Le niveau marin a baissé et la mer en se retirant a déposé des sédiments marins sableux. D'après les travaux de K.O EMERY et D.J MILLIMAN (1976) cité par M.SALL (cours de géomorphologie tropical 1994), le niveau de la mer était à -110 , -120m.

L'aridité ogolienne a intéressé l'ensemble de l'actuelle zone soudanienne et sahélienne de l'Afrique occidentale (de la Mauritanie au Lac Tchad). Les alizés continentaux mettent en place de grandes dunes longitudinales orientées NE-SW conformément à la direction des vents dominants. C'est à cette époque que se

sont mis en place de vastes ensembles dunaires dans le sud de la Mauritanie (Trarza Brakna Aftout es Sahel), dans l'ouest du Sénégal (erg du Cayor).

Ces dunes longues de plusieurs dizaines de Km sont séparées par des couloirs interdunaires de largeur variable; l'aspect général évoque celui d'une tôle ondulée TRICART(1961). L'édification des dunes de l'Ogolien a entraîné une dégradation hydrographique prononcée : le fleuve Sénégal barré à la hauteur de Kaédi est devenu endoreique. En amont de son barrage dunaire , le Sénégal a déposé en vrac sa charge solide qui constitue la terrasse du premier remblai sablo-argileux.

Les dunes de l'Ogolien sont constituées essentiellement par du sable bien trié, de couleur rouge en surface, tirant sur l'orange en profondeur d'où leur dénomination de dunes rouges TRICART (1954). Les dunes sont formées de sable homométrique. D'après TRICART(1961) le mode de tous les échantillons étudiés se situe entre 0,24 et 0,36mm (tamis 70) et représente une médiane de 58% de l'échantillon. Ces dunes rouges sont relativement fixées aujourd'hui mais les conditions climatiques assez sévères qui prévalent maintenant et les actions d'origine anthropique peuvent contribuer à les raviver et à leur migration sous les processus éoliens.

III.I.2 Le pluvial Tchadien (12000-8000 B.P.)

Le climat devient humide, le niveau marin remonte. L'écoulement reprend dans la plupart des réseaux hydrographiques. Le Sénégal inférieur a entaillé son barrage dunaire et est devenu exoreique. C'est la deuxième phase d'entaille du

réseau hydrographique. Les dépôts sont connus essentiellement par sondage et se traduisent par la présence d'argile au dessus des sables de l'Ogolien.

Les âges des différents dépôts tournent autour de 8870+₋₂₄₀ B.P. et 8450₋₂₂₀ B.P. Ainsi les dépôts du tchadien sont postérieurs aux formations de l'Ogolien et sont essentiellement des sables azoïques qui renferment des fragments de végétaux.

III.I.3 Le Nouakchottien

C'est l'équivalent du Dunkerquien d'Europe occidentale c'est à dire le maximum de la transgression flandrienne.

Lors du maximum transgressif du Nouakchottien (5500 B.P.), la mer pénètre dans les zones déprimées qui se présentent alors sous forme de golfes largement ouverts sur l'océan. Le cours inférieur du Sénégal est envahi par la mer jusqu'à Boghé avec une sédimentation essentiellement marine jusqu'à 4500 B.P.(Michel 1973) relayée par une sédimentation de type lagunaire à partir de 4200 B.P. (M.Sall 1983).

L'apport des fleuves se réduisait à des sables fins et limons empruntés aux dépôts de couvertures des formations bordières (Plateau du Continental Terminal). Ce matériel fin, brassé est déposé sous forme de terrasses sableuses ou argileuses très souvent associées à une faune nouakchottienne ou post-nouakchottienne qui semble subir peu de variations puisque l'on trouve les mêmes espèces aussi bien dans le delta du Sénégal, le delta du Saloum qu'en Casamance.

Les fossiles caractéristiques de cette transgression sont : *Anadara senilis* (substrat sablo-vaseux et profondeur d'eau d'environ 1m), *Dosinia isocardia* et *Cardium edule* (substrat sableux et eau profonde de +2m). Durant cette période, les précipitations sont abondantes et le paysage de mangrove se développe jusqu'à Boghé (MICHEL 1973).

Le Nouakchottien a été daté de 5470 B.P. au NW de Rao. Le matériel sableux de la terrasse est légèrement argileux et parfois même contient des niveaux de vase. Selon TRICART(1961), les sables marins nouakchottiens sont fins, le mode est compris entre 0,24 et 0,36mm (tamis 70). Ils sont assez bien triés puisque la fraction modelée représente 60% de la médiane de l'échantillon.

Le Nouakchottien se caractérise par une importante présence humaine qui se signale dans la région de Saint-Louis par la présence de **kjokkenmoddinger**. Les datations au radiocarbone donnent un âge de 5060 B.P. pour un lot d'*Arca senilis* prélevé à Ndiarer.

III.1.4 Le Tafolien (4200-2000 B.P.)

Le climat est redevenu semi aride avec une légère régression -2 à -3m. A partir de 3000 B.P. s'effectue le retour à une série de pulsations. A la même période, le niveau de la mer passe à +2m.

Des cordons littoraux formés grace aux apports de la dérive NS s'étirent à l'ouest de la terrasse du Nouakchottien. C'est le fameux système de dunes

jaunes ainsi dénommés par TRICART. A l'arrière de ces barrages dunaires le milieu devient calme.

Une sédimentation de type lagunaire est déclenchée, caractérisée par une décantation fine des argiles et des limons et la formation de vase fixée par une végétation de mangrove.

Les dunes jaunes sont constituées d'un matériel extrêmement trié dont le mode situé entre 0,24 et 0,36 représente une médiane de 60% de l'échantillon contre 50% pour les dunes rouges (TRICART 1961).

III.1.5 Le subactuel (2000-400 B.P.)

C'est un épisode morphoclimatique sec marqué par une recrudescence de la déflation éolienne principalement dans les régions littorales qui provoque l'ensablement du golfe marin.

Des dunes se sont formées recouvrant les anciens cordons littoraux. Ces dunes semi-fixées peuvent atteindre une largeur de 3,5 Km au sud de Gandiole. Cette époque correspond à une désorganisation du réseau hydrographique c'est à dire de l'écoulement du fleuve Sénégal avec la fermeture de ses anciens embouchures plus septentrionales liée aux apports de sable de la dérive littorale.

Le fleuve s'est détourné progressivement vers le SSW tandis que se formait la flèche littorale de la Langue de Barbarie. Les dunes littorales se sont formées dans la région de Saint-Louis et bordent l'estuaire du Sénégal . Elles se différencient des dunes jaunes par :

- ◆ leur forme parabolique
- ◆ leur altitude qui peut atteindre 15 à 20m : ce système dunaire s'étire de Yoff à Saint-Louis.
- ◆ la blancheur de leur matériel

Ces dunes sont alimentées par le sable de l'estran approvisionné par la dérive littorale.

On peut y distinguer deux générations :

- ◆ les dunes littorales semi-fixées qui surplombent les dunes jaunes
- ◆ les dunes vives littorales : c'est le cas de flèche littorale (Langue de Barbarie) qui sépare le fleuve Sénégal de l'océan atlantique. Elle est large d'environ 200 à 400m et évolue essentiellement sous l'action du vent, de la houle et de la dérive littorale.

III.1.6 L'Evolution actuelle

Elle dépend principalement des conditions bioclimatiques et du régime hydrologique.

La zone est caractérisée par l'ampleur des couvertures sableuses héritées des épisodes morphoclimatiques arides du quaternaire.

Les régimes anémométriques locaux sont favorables aux remaniements par le vent de ces ensembles dunaires; l'efficacité de la déflation étant renforcée par divers actions anthropiques.

Les actions mécaniques commandées par l'eau y sont localisées mais efficaces (rôle des ruissellements diffus et concentré dans la dynamique des flancs dunaires).

Avant les aménagements hydrauliques le régime du fleuve Sénégal était de type tropical pur. A la station de Bakel, la crue annuelle s'établissait par une succession de pics ascendants jusqu'à un maximum placé en Juillet. Lorsque le maximum est atteint, la crue chargée de limon et d'argile déborde par dessus les berges et inonde le lit majeur en particulier les cuvettes de décantation où elle séjourne en général entre 4 et 7 semaines; argile et limons se déposent par décantation et pendant la décrue les cuvettes sont vidangées.

A cause de la sécheresse et de la tendance à l'aridité qui se maintiennent, le bilan sédimentaire de certaines cuvettes (Djoudj , Ndiaél) était nul et les vasières évoluent en tannes.

Depuis les aménagements hydrauliques (mise en place de la digue rive gauche en 1964, mise en eau des barrages de **DIAMA** et de **MANANTALI** à partir de 1985), le bilan sédimentaire s'en est trouvé modifié. La tendance négative du bilan s'est amplifiée dans le Delta sauf dans le Djoudj qui est remis en eau artificiellement.

Cette modification hydrodynamique intervient dans un contexte de péjoration climatique qui a accentué la contraction de la couverture végétale et accru la déflation éolienne. Il en est résulté le colmatage des lits fossiles, le dysfonctionnement des axes hydrauliques fonctionnels.

Aujourd'hui la majeure partie de la charge solide du fleuve se dépose dans la retenue de **DIAMA** et dans les axes hydrauliques.

On peut dire que l'évolution géologique et surtout géomorphologique au cours du quaternaire a laissé un héritage important.

Elle est à l'origine du modelé actuelle et de la mise en place des reliefs. Ainsi aux épisodes humides ont correspondu des mouvements de transgression marine et les épisodes secs correspondent des phases de régression où les actions éoliennes et érosives ont présidé à la mise en place des cordons dunaires. C'est cette évolution qui explique la répartition des différents types de sol.

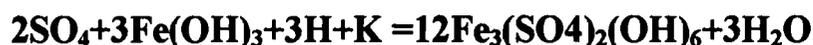
III.1.7 Les facteurs de la pédogenèse

La présence de **soufre** reste le facteur prédominant de la pédogenèse des vasières auquel s'ajoutent les sels solubles.

Les sédiments sont caractérisés par l'accumulation de sulfure de fer et particulièrement de pyrite qui proviennent de la réduction des sulfates de l'eau de mer en milieu anaérobie sous l'influence des bactéries sulfato-réductrices qui sont au nombre de deux (*Desufovibrio* et *Desulfomaculum*). La production de H_2S ou des ions S^{2-} est directement proportionnelle au nombre de bactéries sulfato-réductrices.

De nombreux travaux ont montré que c'est sous *Rhizophora* que l'accumulation de **pyrite** était la plus élevée(jusqu'à 10%) du fait que le système racinaire de cette espèce est très dense et très profond surtout. Il est reconnu que c'est l'oxydation des composés réduits de **soufre** et principalement de la **pyrite** qui est à l'origine de l'accumulation et de ce fait constitue le facteur prédominant de l'évolution des sols.

En l'absence d'éléments neutralisants (CaCO_3) et dans les conditions acides, le produit le plus important de l'oxydation de la pyrite est un sulfate basique de fer du groupe de la jarosite dont la formule chimique est la suivante :



Elle se présente dans les profils par sa couleur jaune caractéristique.

III.1.6.1 Les types de sol

Les sols de mangrove sont rangés dans la catégorie des sols sulfatés acides (présence de soufre et ses différents composés). Ce sont également des sols riches en pyrite. A la suite de la cartographie des sols du Delta, J.M. Durant cité par Marius (1985) a proposé deux sous types ou sous groupes :

- ◆ les sols sulfatés réduits $\text{SO}_4/\text{Cl} < 0,1$ $\text{Ca}/\text{Mg} < 1$ $\text{pH} > 5$
- ◆ les sols sulfatés acides où $\text{SO}_4/\text{Cl} > 0,1$ $\text{Ca}/\text{Mg} < 1$ $\text{pH} < 5$

D'une manière générale, nous pouvons dire que l'halomorphie est l'élément déterminant de la pédogenèse et a plusieurs origines :

- ◆ la salinisation d'origine continentale qui s'est développée au cours des périodes géologiques anciennes lors du développement du paysage lagunaire
- ◆ la salinisation marine ancienne qui se manifeste sur les terrains submergés par les transgressions marines qui ont lieu au cours du quaternaire (Inchirien-Nouakchottien)
- ◆ la salinisation marine actuelle qui s'exerce par la contamination des terres à la suite de l'intrusion marine dans le fleuve Sénégal et à la remontée de la nappe phréatique littorale qui se trouve à très faible profondeur.

Les sols sont essentiellement composés de vase dont l'épaisseur est très variable d'un endroit à l'autre allant de quelque décimètres jusqu'à 6m. Il s'agit d'un milieu complexe et d'un véritable sol sous-marin. Sa qualité de milieu réducteur pour le fer lui confère une couleur noire surtout en profondeur. Recouverte par les eaux du fleuve, elle est souvent brunâtre, riche en éléments minéraux mais aussi en matières organiques provenant de la décomposition rapide grâce à une activité bactérienne intense des phytoplanctons et zooplancton d'une part et des plantes et animaux vivant sur ou dans la vase d'autre part.

Le milieu se caractérise par un excès d'eau et de sel. L'horizon superficiel est imbibé par les eaux de marée.



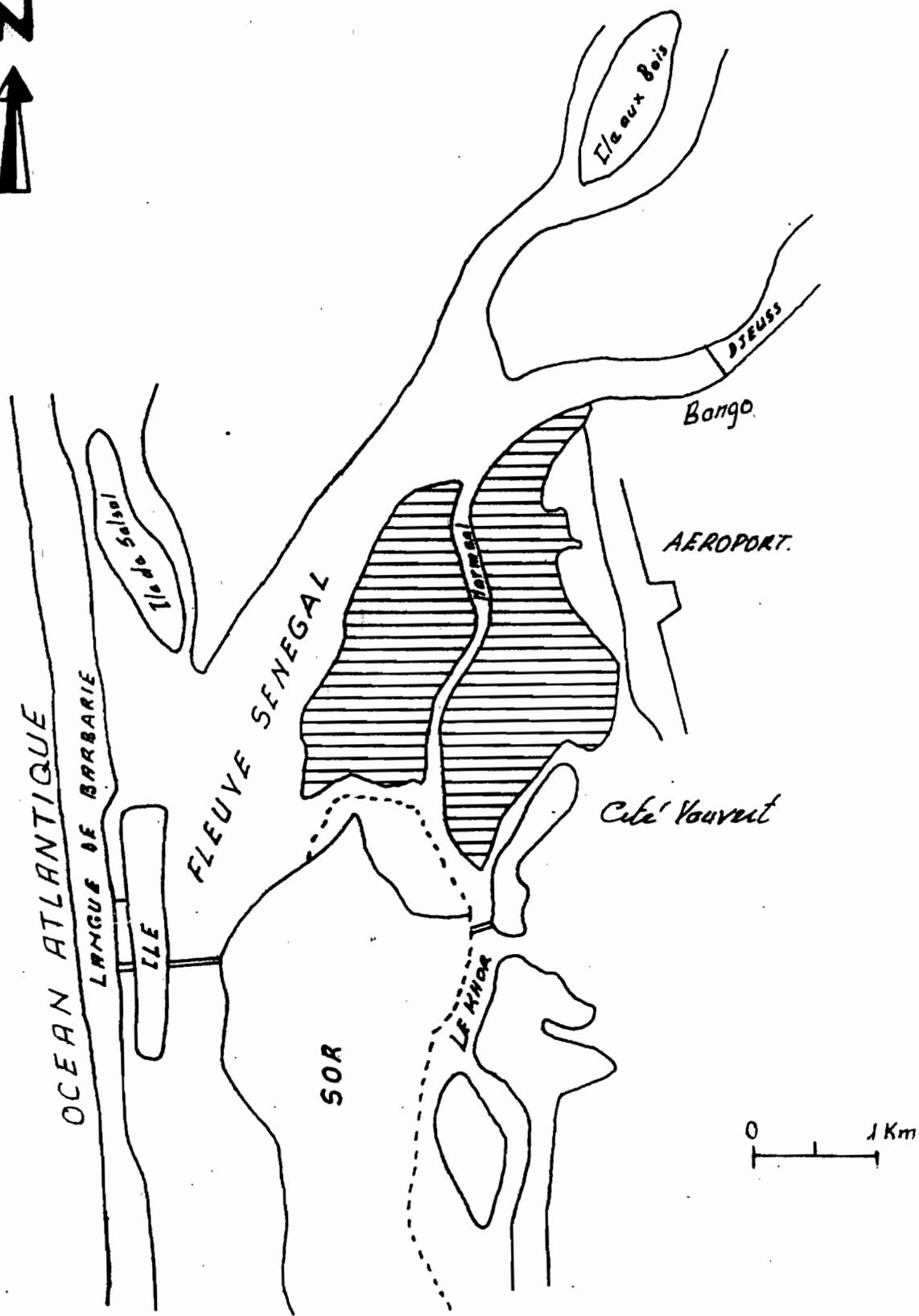


Fig 5

La mangrove de Saint-Louis dans son environnement

(extrait photo aeriennne O.M.V.S 1980)

CHAPITRE I HYDROLOGIE ET HYDRODYNAMIQUE

L'écosystème de mangrove peut être considéré comme un système ouvert car sur le plan hydrologique, il est relié aux 2 systèmes amont et aval : les éléments nutritifs indispensables pour une productivité constante sont apportés par l'eau à partir des sources terrestres en amont et des sources océaniques en aval.

L'eau a ainsi un rôle d'une importance équivalente comme agent de transport car elle apporte les éléments nutritifs et l'oxygène au système racinaire, elle évacue le CO_2 , les déchets toxiques et les débris organiques, elle assure enfin le maintien permanent de l'équilibre en sel du sol. Ainsi les conditions de submersion de la mangrove de Saint-Louis sont liés aux mouvements des eaux du Sénégal.

I.1 L'hydrodynamique estuarienne

Le régime hydrodynamique de l'estuaire du Sénégal dépend de la marée qui varie suivant les coefficients de marée et d'autre part des ouvertures et des fermetures des vannes du barrage de **DIAMA** et des lâchers d'eau de **MANANTALI** qui se font normalement en fonction du débit du fleuve.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'estuaire sont désormais intimement liées aux perturbations induites par la manipulation des vannes du barrage de **DIAMA** (Figure. 6), bien que le cycle naturel d'alternance des eaux douces de la crue et des eaux marines dans l'estuaire soit toujours dominant. Cependant des contraintes de gestion de **DIAMA** entraînent souvent des lâchers sporadiques destinés à la régulation de la côte du plan d'eau.

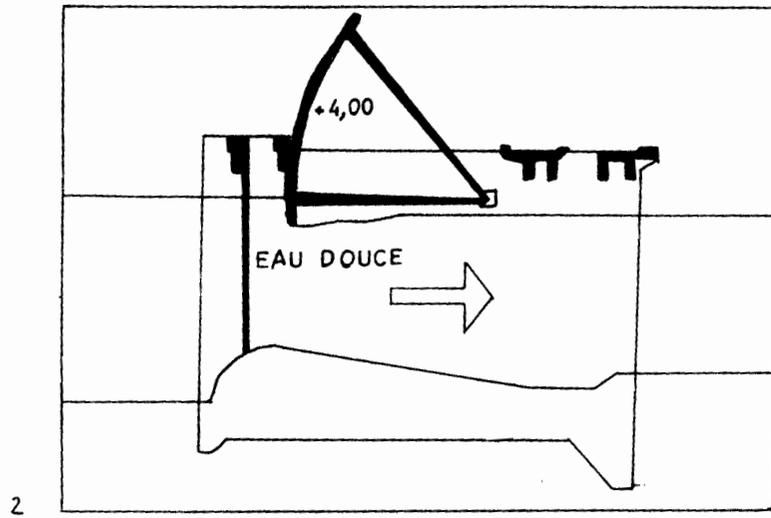
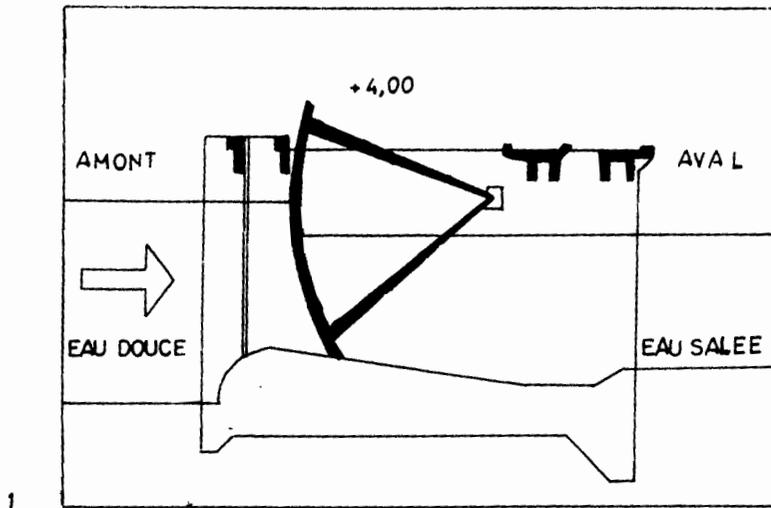


Fig 6 COUPE LONGITUDINALE DU BARRAGE DE DIAM A

1 Vannes fermées

2 Vannes ouvertes

I.1.1 La marée

C'est la force motrice et le mécanisme principal consiste en un échange de masse et en un phénomène de concentration dilution par advection et par diffusion. Sur les côtes sénégalaises, la marée est de type semi-diurne. A Saint-Louis, elle est décalée faiblement dans le temps par rapport à Dakar qui est le port de référence. Le marnage est microtidal à peine supérieur à 1 en vives eaux et à 0,5 en mortes eaux.

Tableau VI : Marnage sur les côtes sénégalaises

MOYENNE VIVES EAUX		MOYENNE MORTES-EAUX	
P M	B M	P M	B M
1,6	0,4	1,3	0,7
1,6	0,35	1,25	0,7

Source M.SALL (1993)

Ainsi cette marée biquotidienne remonte les chenaux et déverse ses eaux salées dans les vasières. Sa durée de propagation varie entre 60 et 120 mn pour les pleines mers et de 30 à 60 mn pour les basses mers.

La mer remonte beaucoup plus lentement qu'elle ne descend. C'est ainsi que le temps qui sépare une basse mer de la haute mer suivante est de 7H environ tandis que la descente de cette haute mer à la basse mer suivante est de 5H45 mn.

Sur le plan de la hauteur des marées, elle est plus faible à Saint-Louis qu'à Dakar. Ce mouvement aura une incidence certaine sur le maintien du plan d'eau

dans le fleuve et les vasières où elle aura tendance à augmenter la durée de la submersion.

I.1.2 La dynamique fluviale

Le fleuve Sénégal, s'écoulant en zone soudano-sahélienne subit depuis 1968 les conséquences de la sécheresse. La diminution de la saison des pluies de 5 à 3 mois (Juillet-Octobre) accompagnée par une baisse des bilans pluviométriques a considérablement modifié l'hydrologie du fleuve jusqu'à l'estuaire entraînant des variations notables dans les processus sédimentologiques de la zone amont du fleuve jusqu'à l'embouchure.

Cette situation a suscité des études détaillées du phénomène de salinisation de la partie estuarienne du fleuve Sénégal et de remontée du biseau salé(Rochette 1974, Kane 1985, Gac et alii 1986).

Il apparaît maintenant que la mise en eau du barrage a modifié la dynamique de ce phénomène non seulement en limitant son expansion spatiale mais aussi en altérant ses caractéristiques. Les données utilisées ont été tirées des travaux de l'E.P.E.E.C à travers deux campagnes de mesures effectuées en 1987 donc après la mise en eau du barrage.

La première mesure a lieu en début de crue (28 Juillet) marqué par la fermeture des vannes du barrage donc à une période où l'estuaire est sous influence océanique; la deuxième en fin de saison des pluies (le 7 Octobre) à l'amorce de la fin de crue où les vannes sont ouvertes et que les eaux continentales descendent jusqu'à l'embouchure.

Ainsi l'analyse des données nous permettra de déterminer les caractéristiques physico-chimiques de l'estuaire à travers deux cycles hydrologiques différents.

I.1.1.1 La salinité

C'est l'un des descripteurs du milieu les plus importants, l'un des plus sensibles du fait de son origine et dont les variations peuvent avoir trois origines principales: l'apport marin, les apports continentaux et l'évaporation.

En début de crue, toute la zone est sous influence océaniques avec des variations notables de la salinité 33,5‰ à Saint-Louis, 31‰ à Gandiole et remonte à environ 34‰ à l'embouchure. A l'embouchure, la masse d'eau est plus salée au fond qu'en surface. Cette situation s'explique par le réchauffement des eaux plus profondes accompagnée d'une évaporation.

A l'amorce de la fin de crue, l'estuaire est sous influence des eaux douces d'où des taux de salinité inférieurs à 2‰ sauf à l'embouchure où on note une salinité de 29,4‰.

Fig. 7 : variation de salinité 28/07 Source : Amadou P. DIAGNE 1998

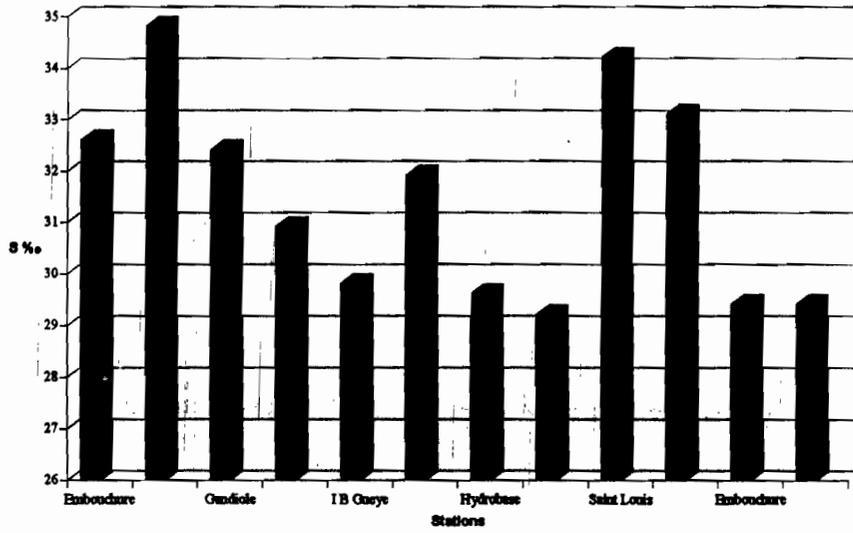
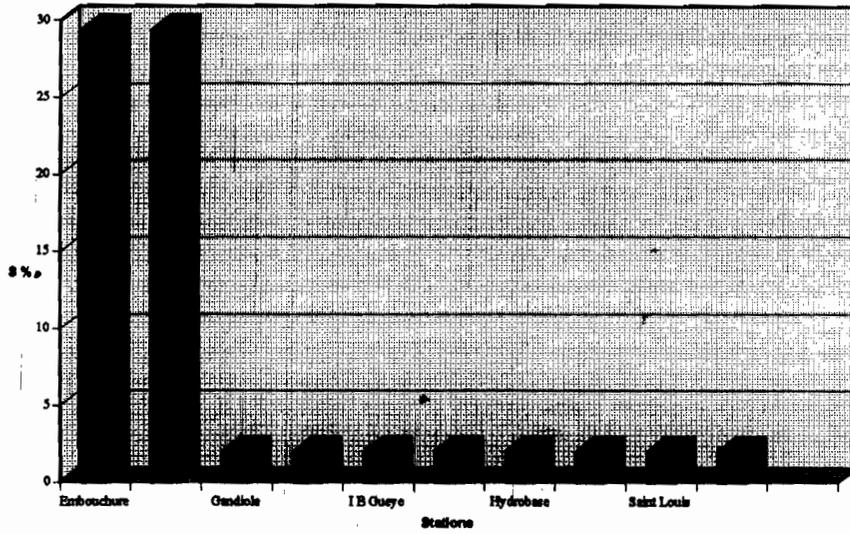


Fig. 8 : variation de salinité 07/10 Source : Amadou P. DIAGNE 1998



I.1.1.2 La température

Au mois de Juillet, la température moyenne est de l'ordre de 29,7°C avec un maximum de 30,5°C à l'embouchure. On note une homogénéité entre les températures de fond et de surface. Par contre à l'amorce de la fin de crue, les températures sont plus basses de 1°C à l'embouchure que celles des stations situées en amont où elles sont comprises entre 29,4 et 30,8°C.

Cette décroissance des températures dans l'estuaire s'explique par le brassage des eaux de crue et des eaux océaniques car à cette période les eaux froides sud-atlantiques commencent à être ramenées sur la côte sous l'effet de l'up-welling.

La distribution le long de l'estuaire est homogène. La variation saisonnière est certes marquée mais ne semble pas avoir de rapport évident avec l'évolution du régime hydrologique créé par le barrage.

Fig. 9: variation des températures 28 / 07 Source : Amadou P. DIAGNE 1998

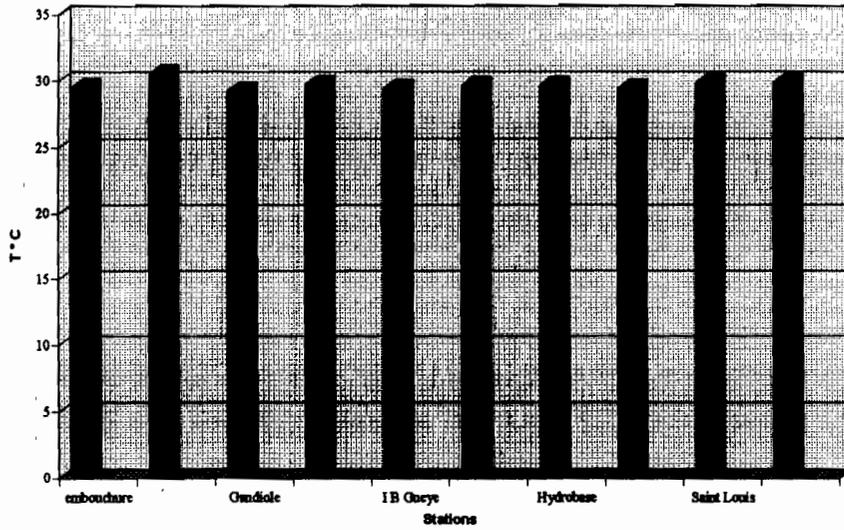
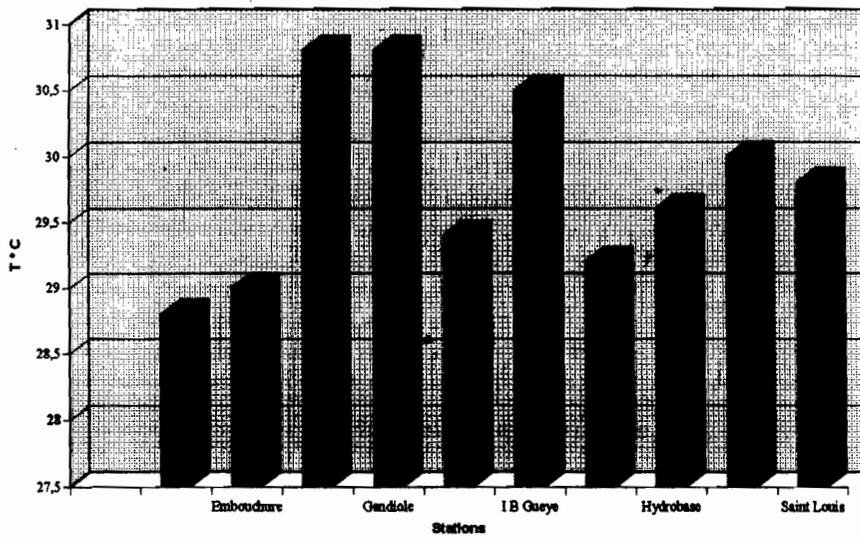


Fig. 10 : variation des températures 07/10 Source : Amadou P. DIAGNE 1998



I.1.1.3 La sédimentologie

Elle est contrôlée par les paramètres qui rythment l'hydrologie de l'estuaire: la dynamique fluviale et marine.

Pendant la saison des hautes eaux, les eaux du Sénégal sont très turbides en raison de leur importante charge en limon; leur couleur est jaune-sale. Le transport solide est très élevé et celui-ci se traduit par une diminution importante du disque de Secchi (13-15 cm).

Pendant que s'amorce la décrue avec la fermeture des vannes du barrage, l'éclaircissement des eaux s'opère. L'intrusion marine reprend sous l'effet de l'onde de marée. Les eaux douces estuariennes sont progressivement diluées et intégrées aux eaux océaniques et deviennent très rapidement bleu-sombre. Donc les matières en suspension varient au cours d'un cycle tidal suivant les vitesses de courant.

Lorsque les vitesses de courant ont tendance à s'annuler, les M.E.S décantent par contre lorsque les vitesses de courant augmentent il y'a une remise en suspension des particules. D'après M. Bâ (1992) les matériels en suspension varient d'environ 20 mg/l en période d'étiage à 400 mg/l en période de crue.

D'une manière générale, les M.E.S sont plus élevées en amont du barrage que dans l'estuaire ceci grace à une accumulation des limons et argiles stoppés par le barrage. En période de crue cependant, les eaux douces de l'estuaire sont plus chargées que celles de la partie amont sous l'effet de l'érosion des berges mais aussi des zones basses dénudées qui longent les bras du fleuve en aval du barrage.

Fig. 11 : variation des M.E.S 28 / 07 Source : Amadou P. DIAGNE 1998

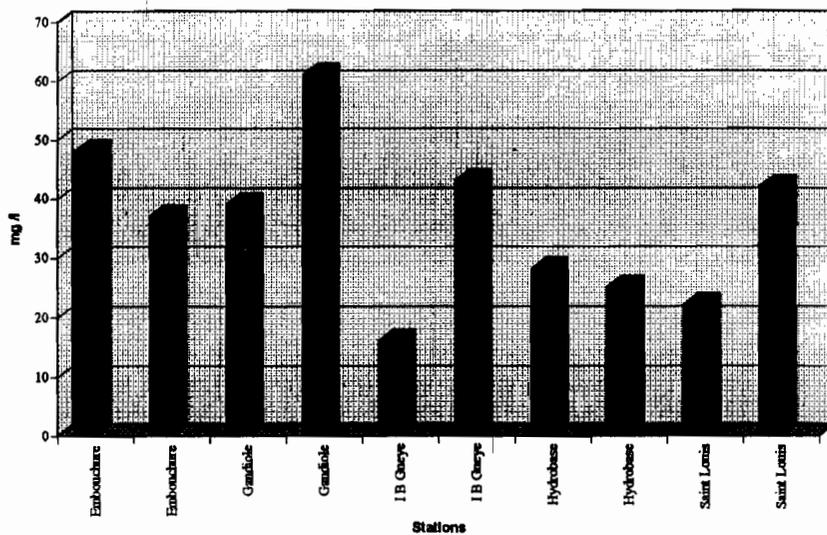
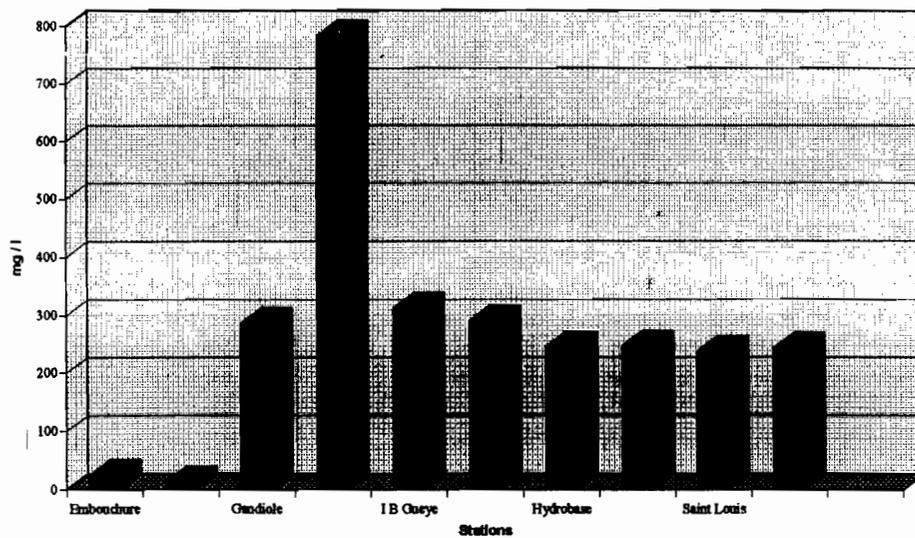


Fig. 12 : variation des M.E.S 07 / 10 Source: Amadou P. DIAGNE 1998



<u>STATIONS</u>	<u>PRELEVEMENT</u>	<u>T ° C</u>	<u>S</u> <u>%</u>	<u>M E S mg/L</u>
Embouchure	<u>S</u>	<u>29,5</u>	<u>32,6</u>	<u>48</u>
Embouchure	<u>F</u>	<u>30,5</u>	<u>34,8</u>	<u>37</u>
Gandiole	<u>S</u>	<u>29,2</u>	<u>32,4</u>	<u>39</u>
Gandiole	<u>F</u>	<u>29,7</u>	<u>30,9</u>	<u>61</u>
I B Gueye	<u>S</u>	<u>29,4</u>	<u>29,8</u>	<u>16</u>
I B Gueye	<u>F</u>	<u>29,6</u>	<u>31,9</u>	<u>43</u>
Hydrobase	<u>S</u>	<u>29,6</u>	<u>29,6</u>	<u>28</u>
Hydrobase	<u>F</u>	<u>29,4</u>	<u>29,2</u>	<u>25</u>
Saint-Louis	<u>S</u>	<u>29,8</u>	<u>34,2</u>	<u>22</u>
Saint-Louis	<u>F</u>	<u>29,6</u>	<u>33,1</u>	<u>42</u>

28/07/87

<u>STATIONS</u>	<u>PRELEVEMENT</u>	<u>T ° C</u>	<u>S %</u>	<u>M E S mg/l</u>
Embouchure	<u>S</u>	<u>28,9</u>	<u>29,4</u>	<u>24</u>
Embouchure	<u>F</u>	<u>29</u>	<u>29,4</u>	<u>12</u>
Gandiole	<u>S</u>	<u>30,8</u>	<u>2</u>	<u>285</u>
Gandiole	<u>F</u>	<u>30,8</u>	<u>2</u>	<u>783</u>
I B Gueye	<u>S</u>	<u>29,4</u>	<u>2</u>	<u>311</u>
I B Gueye	<u>F</u>	<u>30,5</u>	<u>2</u>	<u>289</u>
Hydrobase	<u>S</u>	<u>29,2</u>	<u>2</u>	<u>244</u>
Hydrobase	<u>F</u>	<u>29,6</u>	<u>2</u>	<u>246</u>
Saint Louis	<u>S</u>	<u>30</u>	<u>2</u>	<u>237</u>
Saint Louis	<u>F</u>	<u>29,8</u>	<u>2</u>	<u>242</u>

7/10/87

TABLEAU VIII PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DANS L'ESTUAIRE DU SENEGAL

Source : E.P.E.E.C (1987)

Chapitre II DESCRIPTION DES PAYSAGES ACTUELS ET DES ECOSYSTEMES DE LA MANGROVE DE SAINT-LOUIS

L'écosystème mangrove terme d'origine malaise se réfère à un groupe de plantes ligneuses (50 selon la définition que l'on adopte) qui se développent le long des côtes protégées des zones tropicales ayant la particularité de pouvoir pousser dans un milieu à dépôts salins présentant divers types de sols anaérobies caractéristiques.

C'est ainsi un mélange de plantes, d'animaux et de micro-organismes adaptés au milieu et aux changements environnementaux couvrant 10 Millions d'hectares à travers le monde.

Sur le continent africain la mangrove borde la côte occidentale du Nord de l'Angola jusqu'à Saint Louis où elle est plutôt à l'état relictuel du fait de l'absence de certaines espèces.

Sur la côte orientale presque toute la mangrove est concentrée au Sud de l'équateur et elle déborde un peu au Sud du tropique du Capricorne.

Chaque écosystème est dominé par des espèces caractéristiques dont l'existence dépend de la nature des sols et de la salinité. Les sols renferment des milliers d'organismes migrateurs, des poissons, mollusques et crustacés.

II.1 La flore

II.1.1 La macro-flore

Elle est essentiellement composée d'arbres offrant un aspect assez extraordinaire se reconnaissant par la présence de pneumatophores, de racines échasses et de graines vivipares.

La végétation représentée par deux espèces principales (*Rhizophora racemosa* et *Avicenia africana*) se développe le long des chenaux de la vasière née du colmatage de l'estuaire et qui sont le réceptacle des eaux estuariennes poussées par la marée ou par la crue Figure. 13

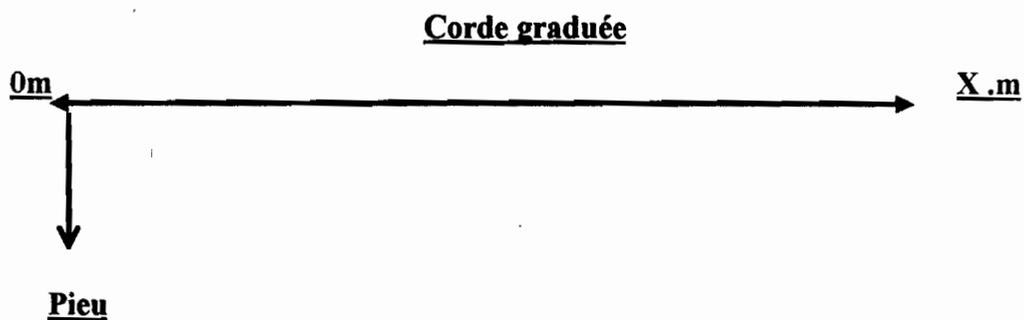
La mangrove occupe donc ce qu'il est convenu d'appeler la slikke qui est atteinte par la marée.

II.1.1.1 La structure de la végétation

METHODOLOGIE

La méthode utilisée est celle des transects. C'est ainsi que nous avons utilisé une corde graduée à tous les mètres partant des végétaux du front de l'eau jusqu'à ceux en contact avec la terre ferme.

La détermination des différentes espèces est effectuée tout au long de cette corde.



- ◆ *Rhizophora* colonise la partie supérieure de ce que l'on peut appeler la slikke qui est régulièrement submergée par les eaux à marée haute
- ◆ en arrière nous avons une unité géomorphologique légèrement surélevée où s'étendent des peuplement d'*Avicenia* inondée lors des fortes marées.
- ◆ la partie exondée qui n'est submergée que lors des marées exceptionnelles est occupée par *Sporobolus robustus* fauchée par les populations locales pour servir de fourrage aux animaux.
- ◆ Il existe sur la vasière un espace nu auquel on donne le nom de **tanne** et qui n'est atteinte que lors des marées de vives eaux.
Cet espace nu se caractérise par l'absence de végétation du fait de la sursalure.

Ouest

Est

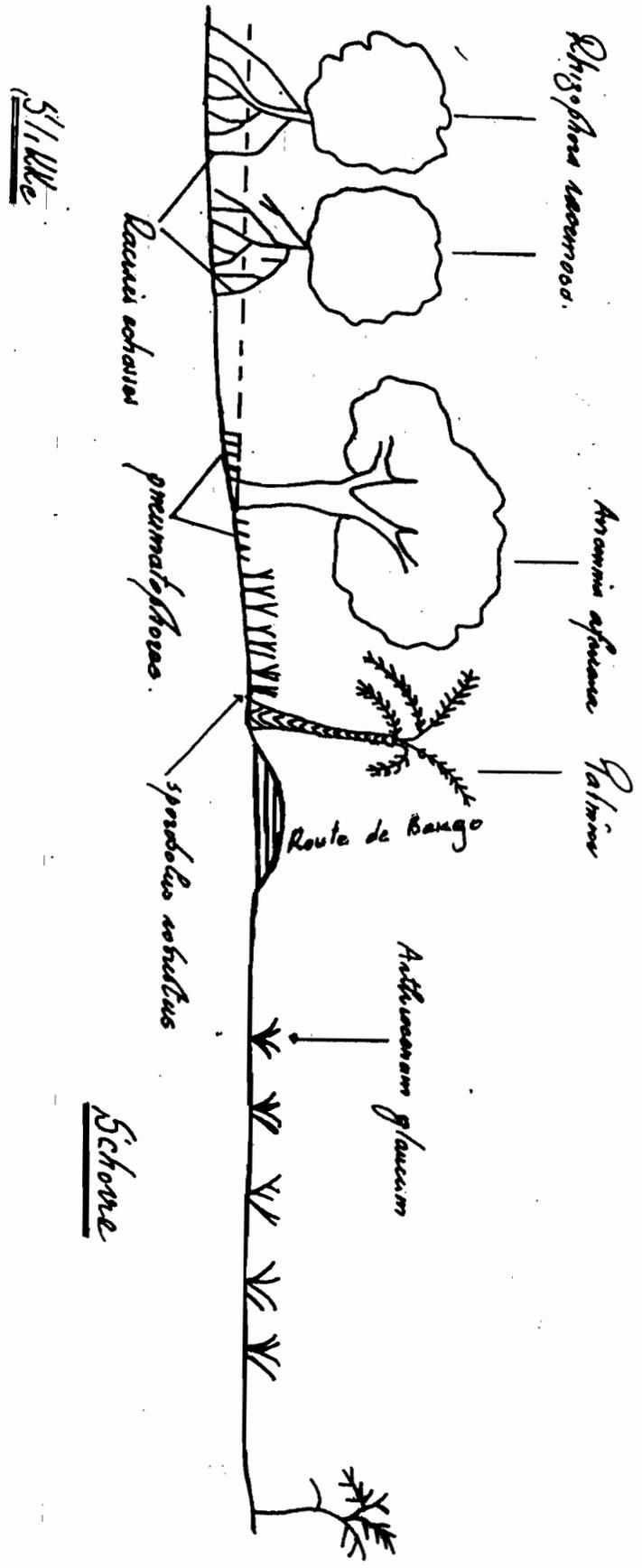


Fig: 13 Représentation schématisique de la mangrove et la Route de Bango et la forêt de Khor et Ngallele.

II.1.1.2 Biologie des espèces représentées

Bien que vivant en milieu salin, les espèces végétales de la mangrove sont dotées de dispositifs qui, sur le plan physiologique leur permettent de faire face aux contraintes du milieu.

- ◆ Le genre *Rhizophora* ou palétuvier rouge est caractérisé par des racines aériennes en forme d'arceaux issues du tronc qui, souvent fixent les huîtres . Ces sortes échasses évitent à la plante l'asphyxie et lui permettent de s'arc-bouter dans la vase.
- ◆ les *Avicenia* ou palétuviers blancs ont eux des racines traçantes enterrées qui portent des pneumatophores. Ces protubérances verticales qui pointent à travers la vase aident à la respiration à marée basse. Avicenia est un genre résistant. De tous les palétuviers c'est lui qui atteint les latitudes les plus élevées.

Tout ce dispositif racinaire est de permettre aux arbres de former des peuplements denses sur des vases très fines, visqueuses riches en débris organiques se décomposant à l'abri de l'air par conséquent dans des conditions interdisant la respiration d'un système racinaire normal qui exige un sol aéré.

Leur tolérance à la salinité provient de deux stratégies opposées qui se développent parmi les différentes espèces.

Chez *Rhizophora*, la stratégie consiste en une membrane empêchant le passage du sel situé au niveau du système racinaire. Les racines peuvent alors

permettre le passage de l'eau et des éléments nutritifs indispensables à l'exclusion des sels.

Par contre chez *Avicenia*, le sel peut pénétrer librement dans le **xylème** et passer à travers les stomates de la feuille dans le courant d'eau de la transpiration. Une fois passé le stomate, le sel se cristallise à la surface de la feuille. On suppose qu'il existe un système interne d'exclusion du sel entre le **xylème** et le **phloème**, jouant ainsi le rôle d'isolant entre le mécanisme physiologique complexe de la plante et de son environnement.

Quelle que soit la famille à laquelle appartiennent ces arbres, il existe une tendance au développement accéléré de l'embryon de la graine. Celui-ci acquiert très précocement les caractères qui chez la plantule de la même famille sont ceux de plantule germée.

Ces plantules précoces tombent dans la vase où elles poursuivent leur développement. Cette tendance à la viviparie est exprimée au maximum chez les rhizophoracées dont la plantule atteint une dimension considérable avant de se séparer de l'arbre sur lequel elle a germé.

En forme de fuseau - son pôle racinaire en position inférieure, son pôle cotylédonaire retenu dans le fruit - elle prend au centre de ce qui fut la fleur avant de se détacher grâce à sa forme et à son poids puis s'enfonce verticalement dans la vase où elle va continuer son développement.

II.1.2. La microflore

Elle est composée d'espèces qui, selon certains auteurs ne font pas partie de la mangrove. C'est en générale des espèces qui lui sont associées. Il s'agit de *Sporobolus robustus*, *Arthrocnemum glaucum*, *Sesuvium portulacastrum* et *Paspalum vaginatum*.

Ces espèces occupent en générale ce qu'il est convenu d'appeler le tanne. D'après sa situation sur les tannes et les observations faites sur le terrain *Tamarix senegalensis* a pris à la suite des années de sécheresse partout plus ou moins la place qu'occupait auparavant *Avicenia* à des époques beaucoup plus humides.

II.2 La faune

Elle présente de nombreuses et remarquables adaptations à un milieu où les conditions sont particulières. On note cependant un nombre relativement peu élevé d'espèces.

II.2.1 La macrofaune

II.2.1.1 L'avifaune

De nombreuses espèces dont le mode de vie est lié à l'eau vivent dans la mangrove. Elle est composée d'une faune aérienne et de mammifères terrestres.

Les oiseaux utilisent pour leur nourriture sa richesse en débris organiques, invertébrés et poissons . Les oiseaux d'eau ne sont pas inféodés au milieu car certaines des espèces n'y viennent que pendant une période déterminée de l'année (c'est ce qu'on appelle les espèces visiteuses).

On trouve pratiquement les mêmes espèces aussi bien en CASAMANCE dans le delta du SALOUM qu'à Saint-Louis.

Ce sont en générale :

- ◆ **les pélécaniformes** (*Pelecanus africanus*, *Pelecanus anacrotalus* et le cormoran (*Phalacrocorax africanus* et *Phalacrocorax carbo*)
- ◆ **les ardéiformes** : le héron cendre (*Ardea cinerea*), le héron pourpré (*Ardea purpurca*) découvert nicheur pour la première fois en Afrique occidentale aux environs de Saint-Louis (1961) par R. de Naurois et retrouvé nicheur au même endroit en Août 1964.
- ◆ **La faune aérienne** composée presque exclusivement de martins pêcheurs (*Cyrile rudis*)

II.2.1.2 Les poissons

Dans le domaine des pêches maritimes, il est bien reconnu que la plupart des prises proviennent des zones côtières du plateau continental. De nombreuses études ont montré que plus de 90% des espèces maritimes d'une région se rencontrent à coup sûr dans les estuaires à mangrove au cours de leur cycle vital.

L'influence des estuaires à mangrove sur le rendement des pêcheries trouve son explication dans la gamme des ressources énergétiques disponibles et qui caractérise ces milieux.

L'estuaire bénéficie de la production de macrophytes benthiques et des particules de matières organiques solubles produites par les mangroves.

Donc outre les espèces propres au milieu on y trouve des espèces d'eau douce qui tolèrent une certaine salinité et des poissons marins remontant en fonction de leur tolérance à l'eau saumâtre.

Pendant la période de décrue marquée par une fermeture des vannes du barrage de DIAMA, l'estuaire est envahie par des populations euryhalines en migration anadrome et ces migrations sont en relation avec les variations de salinité.

Des investigations menées au niveau des populations de pêcheurs du village de Dakar-Bango nous ont permis de voir qu'au mois de Juin la majorité des captures est plutôt d'origine marine que saumâtre : *Trigon synaptura*, *Solea*. Les populations euryhalines se confinent donc dans une zone d'eau saumâtre plus étroite que celle qui est définie par les limites écologiques de salinité (0,5 à 30‰)

Nous pouvons dire ainsi que le mouvement des poissons dans l'estuaire est contrôlé par le mouvement des vannes du barrage de DIAMA.

Parmi les espèces représentées on peut citer :

- ◆ **Periophtalmus papulio** de la famille des **Gabridae** qui est une espèce adaptée aussi bien aux eaux salées qu'aux eaux douces et constitue l'espèce caractéristique de la mangrove.
- ◆ **Liza aurata, Liza palupinus et Liza ramada** qui sont des espèces des mers tropicales affectionnant aussi les eaux saumâtres à fortes variation de salinité.
- ◆ **Ethmalosa fimbriata** (ethmalose ou « yaboye ») qui présente un grand intérêt économique. C'est un groupe très important dans les pêcheries artisanales et fort apprécié par les populations frais ou transformé par séchage ou fumage.

- ◆ **Tilapia guinensis** ou **heudoloti** : espèces euryhalines faisant des migrations anadromes de décrue et très apprécié par les populations locales.

II.2.1.3 Les crustacés

Outre les poissons, des crustacés appartenant à 3 espèces sont pêchés dans le fleuve.

Parmi les crustacés on trouve **Calinectes spp**, un crabe et des crevettes **Penaeus duorarum** « SIPAX » plus particulièrement dont les déplacements sont contrôlés par le substrat vaseux auquel elles sont liées et le mouvement des vents dominants. Leur période de haute productivité se situe dans la période de transition entre la saison chaude et la saison froide.

C'est une espèce qui fait l'objet d'une exploitation à des buts commerciaux.

II.2.1.4 Les insectes

On les rencontre particulièrement dans la limite entre le domaine intertidal continental et le tanne nu. Les espèces rencontrées sur le terrain sont les mouches, les moustiques les termites et les moucheron **Ceratoponedes** (mout-mout en wolof). C'est des espèces entièrement terrestres et qui ne sont pas inféodés au milieu.

II.2.1.5 Les mollusques

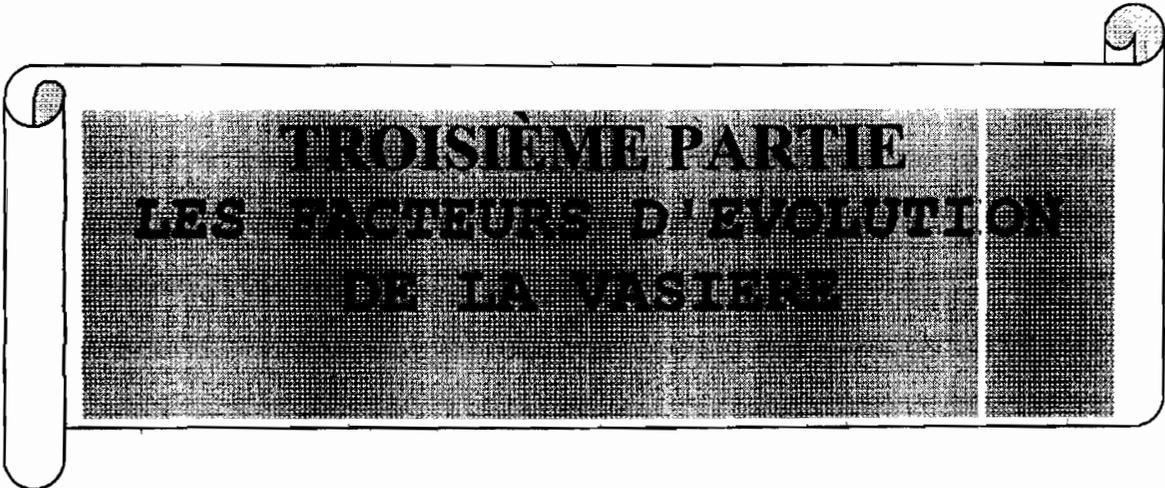
On retrouve plusieurs mollusques d'eau douce, salée et saumâtre dans l'estuaire du Sénégal. Une liste de quelques espèces qu'on y rencontre actuellement et de plusieurs autres qui existaient durant le quaternaire sont consignés dans le Tableau IX.

L'espèce dominante est *Arca senilis* qui est une arche et qui a pendant longtemps été exploité par les pêcheurs du Néolithique. De nombreux gisements sont représentés dans la région de Saint-Louis sous forme d'amas artificiels de coquilles ou « **kjokkenmoddinger** »

<u>NOM DU GENRE</u>	<u>AUJOURD'HUI</u>	<u>QUATERNAIRE</u>
<u>TYPE EPIMARIN</u> <i>Anadara</i>		
<i>senilis</i>		0
<i>Tellina nymphallus</i>	0	
<i>Tympanotonu fuscatus</i>	0	0
<i>Terido sp</i>	0	0
<i>Tagelus angulatus</i>	0	0
<i>Cyrensidu senegalensis</i>	0	0
<i>Druissena africanus</i>	0	0
<u>TYPE SAUMATRE</u>		
<i>Iphigenia delesserti</i>	0	
<i>Corbula trigona</i>	0	0
<i>Pachymelenia fusca</i>		
<i>Pachymelania aurita</i>		0
<i>Hydrobia sp</i>		0
<i>Iphigenia messengeri</i>	0	

TABLEAU IX Mollusques de l'estuaire du SENEGAL Source : MARIUS

0 —————> espèces présentes



**TROISIÈME PARTIE
LES FACTEURS D'ÉVOLUTION
DE LA VASIÈRE**

Depuis le début des années 1970, les mangroves et les terres à mangrove ont fait l'objet d'un intérêt accru lorsque l'on a compris leur rôle concernant surtout leur relation avec la pêche.

Parallèlement de vastes zones de forêt de mangrove ont disparu dans le monde pour plusieurs raisons notamment sous l'effet des changements climatiques mais aussi par la mise en valeur des terres à des fins agricoles, la dérivation des eaux douces dont elles dépendent et par leur exploitation pour la production de bois et autres produits forestiers.

Il s'agira dans cette partie de faire un inventaire des facteurs d'évolution du milieu tout en essayant de quantifier le niveau de dégradation de la mangrove par l'intermédiaire des photographies aériennes.

METHODOLOGIE

La description de l'état de la mangrove est basée sur l'interprétation des feuilles de la carte topographique de Saint-Louis de 1954 à l'échelle du 1/50000 et des photos aériennes de 1980 et 1989 (au 1/50000 et 1/60000).

Les photos ont été interprétées à l'aide d'un couple stéréoscopique ce qui nous a permis de procéder à une délimitation des différentes unités paysagiques. L'observation de la végétation a été conduite en vision stéréoscopique. Pour établir celui-ci il faut disposer d'un couple de photographies aériennes.

Le principe consiste à déterminer le **nadir** (centre de chaque image) puis on détermine son homologue. S'il n'ya pas de décalage latéral lors de la prise de

vue, ces quatre points peuvent s'ordonner le long d'une droite. La superposition des deux images faites le long de cette droite est de telle manière qu'un **nadir** et son homologue sont séparés d'une distance égale à l'écartement des deux yeux (55 et 75).

Pour comparer les interprétations nous avons relaté les états de la mangrove pendant les différentes périodes choisies Figure. 14

Chapitre I L'impact des facteurs naturels

I.1 La sécheresse

Située dans une zone caractérisée par une irrégularité interannuelle des précipitations, la région de Saint-Louis fait partie des zones les plus arides du Sénégal. En effet elle ne bénéficie que de 1 à 2 mois de pluie à peine supérieures à 100 mm tandis que la pluviométrie annuelle extrêmement irrégulière est inférieure à 500 mm.

Cette zone est la plus touchée par les vingt deux dernières années de sécheresse. La comparaison des données (entre 1962-1970 et 1971-1981) laisse apparaître des moyennes pluviométriques très faibles (361,1mm et 226,1mm) consécutives à la grande sécheresse des années 1970.

Cette irrégularité des précipitations associée aux fortes températures (30° en moyenne) entraîne une dégradation du couvert végétal et des sols.

I.1.1 Les effets sur la végétation

La comparaison de la carte topographique de Saint Louis de 1954 avec les photos aériennes de 1980 et 1989 nous a permis de mesurer l'ampleur des dégâts subits par la couverture végétale.

C'est ainsi qu'après un planimétrage de la superficie occupée par la couverture végétale en 1954 et 1980 note une dégradation de 76 Ha (298,5 Ha 1980 et 374,5 Ha en 1954) soit presque 20% de la superficie de 1954.

Entre 1980 et 1989, la superficie dégradée est de 16,98 Ha (respectivement 298,5 et 281,52). Le niveau de dégradation est presque égale au quart de la superficie dégradée entre 1954 et 1980.

En essayant de faire une projection dans le futur suivant la vitesse moyenne annuelle de dégradation qui est égale à 2,65 Ha/ an (1954-1989) on risquerait d'assister à une disparition de la mangrove dans un siècle d'où la nécessité de prendre des mesures de conservation pour éviter son extinction Figure 16

L'évolution se traduit aussi sur le terrain par une reprise d'*Avicenia* au détriment de *Rhizophora*. Cette situation s'explique par le fait que cette espèce est beaucoup plus résistante à la sécheresse .

De tous les palétuviers c'est lui qui atteint les latitudes les plus septentrionales, débordant les tropiques se rencontrant sur des littoraux arides (Ex Banc d'Arguin en Mauritanie) R de Naurois 1965. On note également la survivance de *Sesuvium postulacastrum* et d'une manière générale par l'extension des tannes.

Le constat le plus perceptible est notamment le recul des vasières consécutif à une exondation des terrains qui ne sont plus inondés et évoluant en shorres, en tannes.

Ces tannes sont peuplés par une maigre steppe à halophytes constituée par *A.glaucum*, *Sesuvium postulacastrum* et *Philoxerus vermicularis* qui sont des

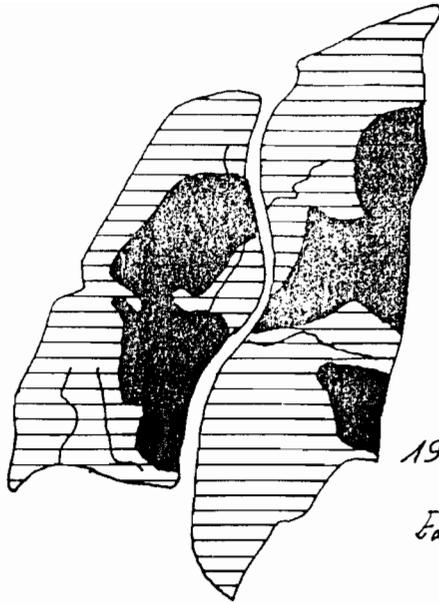
plantes crassulescentes avec des graines charnues pour se protéger de l'intense évaporation.

L'exondation des terrains est liée au fait que la mangrove contribue à la fixation des vases océaniques et des alluvions fluviales favorisant le colmatage de l'estuaire; les sédiments flocculés sont fixés par les racines.

Toutes les vasières situées au Nord de Saint-Louis sont aujourd'hui nettement exondées. D'après M.SALL 1982 la vitesse de colmatage est estimée entre 0,7 et 0,82 mm/an après mesure de 75 à 80 des semis effectués dans les stations de Salsal, Marméal et au pont de Khor.

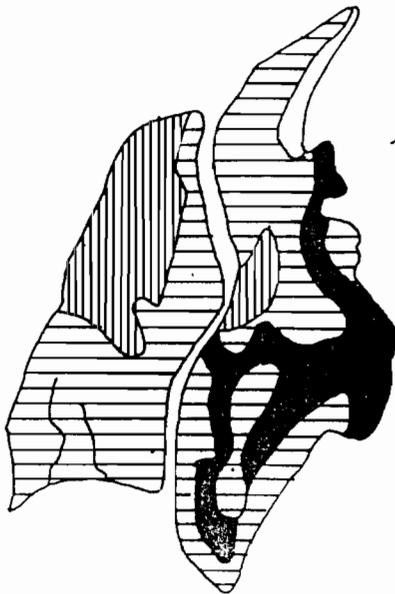
Donc cette élévation du niveau de la vase contribue à la disparition de la mangrove à plus ou moins longue échéance.

Sur le plan physiologique toutes les espèces sont rabougries avec une prédominance de *Avicenia africana*.



1954 (Echelle 1/50.000)

Extrait carte topographique M.A.S.

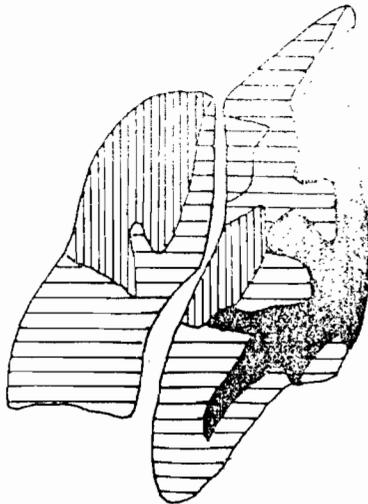


1980 (Echelle 1/50.000)

Extrait photographie aérienne I.G.N

LEGENDE

-  Mangrove dégradée (sprobolais)
-  Mangrove (slikka fonctionnelle)
-  Tannes



1989 (Echelle 1/60.000)

Extrait photographie J.I.C.A

Fig. 14 Evolution de la vasine entre 1954 et 1989.

LEGENDE

-  Vasière évoluant en shore
-  mangrove dégradée à *Sporobolus robustus*
-  Tanne nue (mangrove dégradée)
-  Vasière fonctionnelle

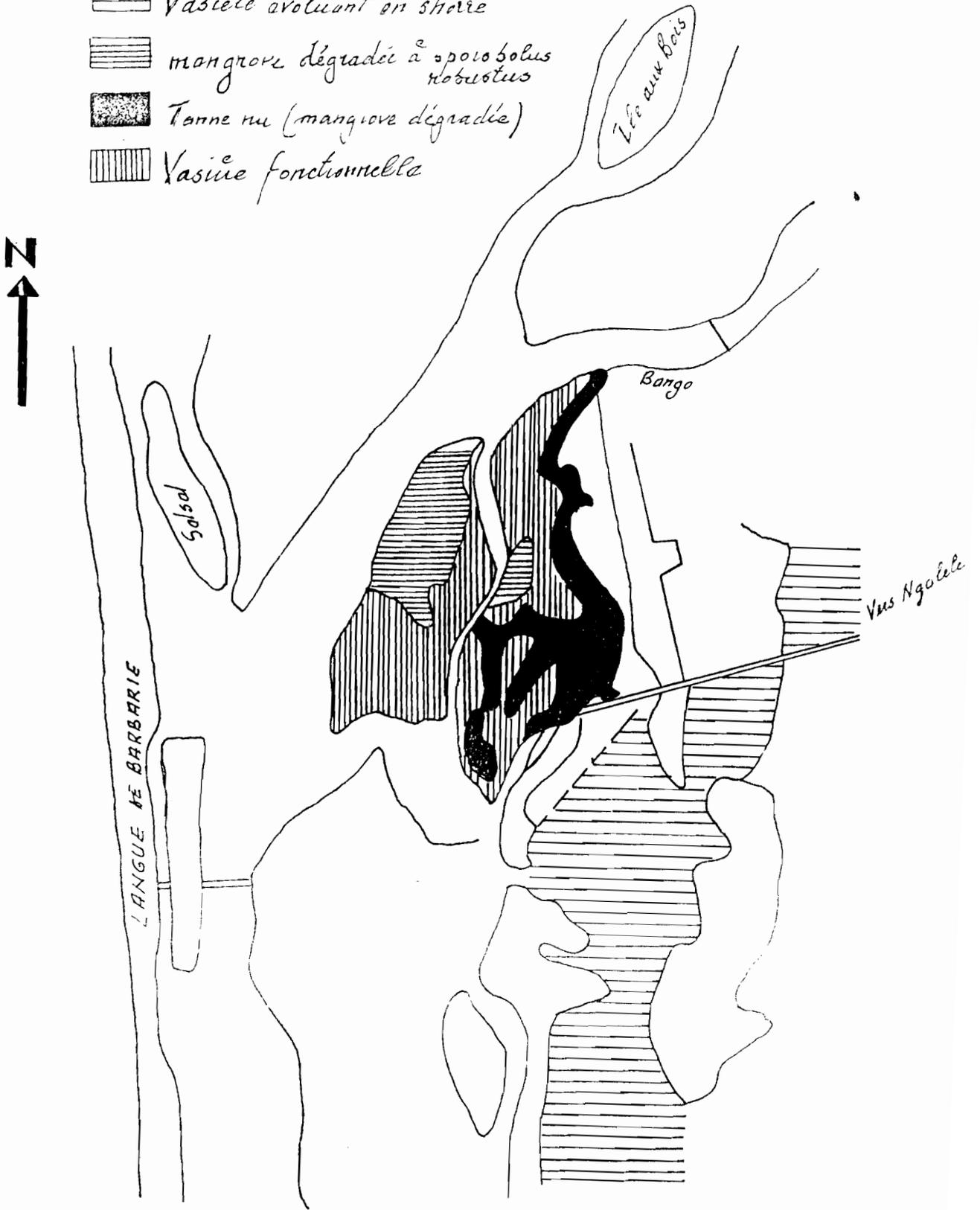
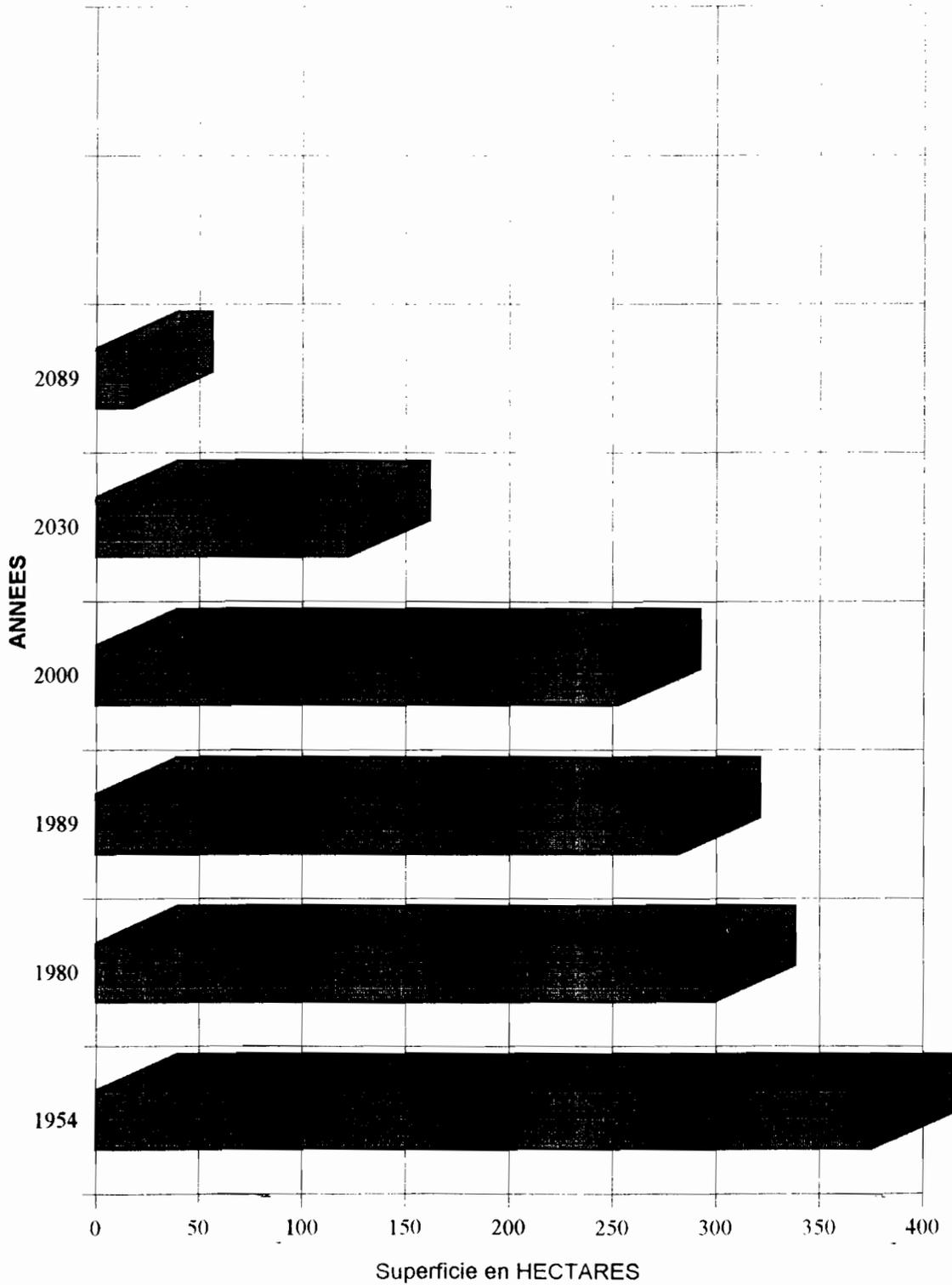


Fig 15 L'évolution actuelle de la vasière à mangrove.
 Extrait photographie aérienne J.I.C.A. 1989

Fig.16 Etude prospective du niveau de dégradation de la végétation suivant la moyenne (1954-1989) Source : DIAGNE A.P. 1998



I.1.2 Les effets sur les sols

D'un point de vue chimique les deux caractères prédominants des sols de mangrove du Sénégal sont l'acidité potentielle et la salinité :

l'un étant lié au stock relativement important de soufre et l'autre à l'influence de la mer.

D'un point de vue morphologique le développement des profils se manifeste essentiellement par l'apparition d'un horizon de couleur « purée de marron » et à consistance de beurre lié à la décomposition des amas fibreux et par la présence de tache de **jarosite** résultant de l'oxydation de la **pyrite** dans les horizons superficiels des tannes vifs mais dans l'ensemble les profils sont peu évolués.

Pendant la saison sèche, on note une forte évaporation et l'évolution pédogénique aboutit à un sol très salé, très acide sur lequel aucune espèce végétale ne peut se développer. Cette sursalure donne à la surface du sol une structure poudreuse qui se craquelle et se fendille.

Pendant la saison des hautes eaux les terrains sont inondés par les eaux fluviales mais aussi par les eaux de ruissellement pouvant se charger de sel des formations lessivées et par la remontée de la nappe salée peu profonde.

L'évolution se traduit sur les sols par le développement d'un horizon à taches brunes, par l'approfondissement des horizons à **jarosite** et par la silicification des racines de palétuviers.

Chapitre II L'impact des facteurs anthropiques

Les activités humaines liées à l'augmentation de la population et les grands travaux entrepris depuis le début des années 1940 ont entraîné des effets négatifs sur le développement de la mangrove dans la région de Saint-Louis où en de multiples endroits elle a été réduite en une série de lambeaux.

II.1 Les défrichements

Les parcours de terrain que nous avons effectués ne nous ont pas révélé des signes de défrichement de la mangrove contrairement à ce qui se fait dans les mangroves méridionales du Sénégal (Saloum et Casamance) qui sont exploités surtout pour la production de bois d'oeuvre et de chauffe.

Cette situation est peut être liée surtout au caractère rabougri des espèces qui la composent et qui dans une certaine mesure ne présentent aucun intérêt pour la production de bois.

Les seuls impacts liés aux activités humaines sont :

- ◆ l'extension de la ville de Saint Louis du fait de la croissance démographique avec la naissance de la cite pavillonnaire dénommée **VAUVERT** dont le site a été gagné sur la vasière ou bien a été le résultat de défrichements.

Cependant nous ne disposons d'aucun élément qui puisse nous permettre de prouver la véracité de tels propos raison pour laquelle nous nous sommes contentés d'émettre ces deux hypothèses

- ◆ la création de l'aéroport de Saint Louis qui ne figurait pas sur la carte de 1954 et qui, à des époques beaucoup plus lointaines était occupé par la mangrove.

II.2 Les impacts potentiels du barrage

Les ouvertures et les fermetures des vannes du barrage pendant la période de transition entre la fin de l'étiage et la crue entraîne des modifications physico-chimiques des eaux brutales se répercutant vraisemblablement sur la vie aquatique dans le bief aval. Le processus de pénétration marine est fortement modifié.

Le barrage arrête en effet en partie la remontée saline en amont mais il provoque également des bouleversements dans la partie aval.

Ainsi les relevés du 28 Juillet 1987 révèlent une salinité de 33,5‰ à 2 Km en aval de Saint Louis alors qu'en 1983 donc avant la mise en eau du barrage bien que la crue soit faible KANE observe une salinité de 3,6‰.

D'autre part le 7 Octobre 1987 on constate la présence d'eau marine à l'embouchure alors que d'après les dates d'intrusion saline déterminées par Gac et alii (1985), Rochette (1974) depuis 1903 et jusqu'en 1980, la date d'intrusion saline la plus précoce enregistrée est le 13 Octobre 1980.

Le barrage entraîne donc une diminution des apports d'eau douce dans l'estuaire et la durée de la présence d'eau douce dans l'embouchure puisque

l'eau marine remontait jusqu'au barrage le 30 Juillet et que le 7 Octobre soit un peu plus de deux mois on prélevait de l'eau salée à l'embouchure.

La présence d'eau douce dans l'embouchure a été de toute évidence inférieure à 2 mois alors que depuis la sécheresse cette durée était en moyenne de 73 jours (GAC et alii 1985). La conséquence directe de cette modification de la qualité de l'eau dans l'estuaire est la diminution des apports en eaux douces et du point de vue biologique la diminution des apports en éléments nutritifs amenés par les eaux continentales; deux éléments indispensables à la survie de l'écosystème.

CONCLUSION

La mangrove dans la région de Saint-louis s'étendait beaucoup plus loin vers le Nord que de nos jours. En effet **Trochain** (1940) signale les derniers mangliers sur le grand bras du fleuve Sénégal à une vingtaine de Km de Saint Louis « à une lieue de Maka après le village de Tourkhod » avec des troncs de 130 à 40 cm et une hauteur de 50 pieds au maximum (16m).

Aujourd'hui les palétuviers ne s'éloignent pour autant de Saint Louis et n'ont pas surtout une telle végétation.

Il faut cependant se garder de prendre à la lettre l'enthousiasme des auteurs qui sans doute accrédaient inconsciemment la fable de la luxuriance de la végétation tropicale car, René Caillé écrivait le 4 Août 1924 (Journal d'un voyage à Tombouctou et Djenné) qu'entre les deux villages de Gandon et Nguiez au SE de Saint-louis « le voyageur attentif à saisir les beautés de la nature reste comme en extase à la vue des groupes de verdure répandus dans la plaine.... (et que) tant de beautés dans la nature force l'âme à se reporter vers son créateur et à admirer la profondeur de son intelligence ».

Cette impression de beauté relative ne résulte que du contraste qui existe dans l'aspect de cette région au cours de la saison des pluies et durant la saison sèche.

Quoiqu'il en soit la mangrove a existé dans les temps géologiques à plus de 500 Km de Saint-Louis lors du développement du paysage lagunaire. Michel

(1973) signale la présence de pollens de *Rhizophora* dans un niveau de vase à Boghé.

L'existence de la mangrove au fond du golfe du Sénégal est indéniable au cours du Nouakchottien et même le long de l'Aftout es Sahel presque jusqu'à Nouakchott.

L'évolution actuelle des vasières dans la région de Saint-Louis est contrôlée par les conditions bioclimatiques et le régime hydrologique.

L'ampleur de la sécheresse et la tendance à l'aridité ont entraîné une contraction de la couverture végétale (une reprise d'*Avicenia* au dépens de *Rhizophora*) et le développement du faciès tanne partie auparavant occupée par *Avicenia Africana* à des époques plus humides et actuellement occupée par *Tamarix senegalensis* à la suite des années de sécheresse.

Certaines parties des vasières ne sont plus inondées et évoluent en shores colonisés par une steppe à halophytes.

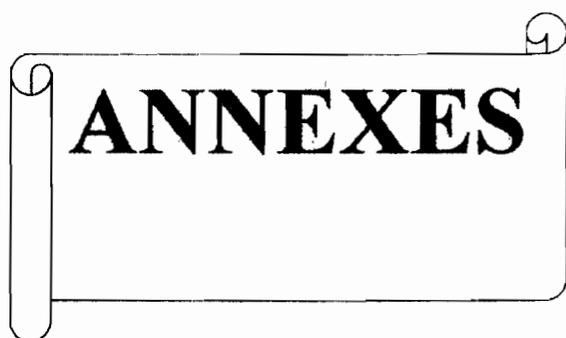
En définitive nous pouvons dire que la mangrove de Saint-Louis évolue sous l'effet conjugué de la sécheresse et des changements de l'hydrodynamique estuarienne.

Son suivi par le biais des photographies aériennes nous a permis de mesurer l'ampleur des dégâts subis par l'écosystème avec une dégradation du couvert végétal.

Sur le plan hydrologique nous avons noté une modification de la qualité de l'eau dans l'estuaire du fait de la mise en eau des barrages et dont les conséquences à plus ou moins long terme sont :

- ◆ la suppression des crues saisonnières auxquelles les populations végétales s'étaient adaptées avec le temps
- ◆ la diminution des apports en éléments nutritifs
- ◆ sur le plan sédimentologique l'essentiel de la charge solide se dépose dans la retenue de DIAMA
- ◆ l'instauration d'une barrière biologique qui constitue un obstacle aux espèces de poissons migratrices et dont les effets à long terme sont la diminution des rendements de pêche dans le bief estuarien.

Par conséquent, l'estuaire du Sénégal en pleine évolution nécessite pour l'avenir des études approfondies à partir d'un suivi régulier pendant quelques années afin de déterminer comment l'actuelle gestion des ouvrages de DIAMA et MANANTALI intervient sur l'équilibre de l'environnement et si cela se révèle nécessaire comment l'optimiser.

A decorative scroll graphic with the word "ANNEXES" written in a bold, serif font across its center. The scroll has a vertical edge on the left and rounded ends on the top and right, with small circular details suggesting it is unrolled.

ANNEXES

LISTE DE QUELQUES OISEAUX RENCONTRES DANS L'ESTUAIRE DU SENEGAL

	STATUT		POIDS/g		Caractères écologiques				
	1	2	75	75	A	B	C	D	E
Pélécánidae <i>Pélécánus major africanus</i> <i>Pélécánus anacrotalus</i>	+			10.000	+	+	+	+	+
Phalacrocoradidae <i>Phalacrocorax carbo</i> <i>Phalacrocorax africanus</i>	+	-	600		+	+	+	+	
Ardéidadae <i>Ardea cinerea</i> <i>Ardea purpurca</i>	+	+	1250		+	+	+	+	+
Arcediniidae <i>Ceryle rudis</i>	+	-	80		+	+	+		
Cicconniidae <i>Ibis ibis</i>	+	-	3500		+	+	+		

Statut : 1 afrotropicale 2= paléarctique

2

Caractères écologiques

A= piscivores B= se nourrir C = boire

D= dormir E= nicher

Précision : les poids proviennent de MOREL (1968)

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX UTILISES

FIGURES

Figure 1 Carte de situation de l'estuaire du Sénégal

Figure 2 Profil en long du fleuve Sénégal

Figure 3 Courbe d'évolution des précipitations à Saint Louis

Figure 4 Croquis géomorphologique de la région de Saint Louis

Figure 5 Carte de situation de la zone d'étude : environnement de la séquence

Figure 6 Coupe longitudinale du barrage de DIAMA

Figure 7 Variation de salinité dans l'estuaire 28/07

Figure 8 Variation de salinité dans l'estuaire 07/10

Figure 9 Variation des températures dans l'estuaire 28/07

Figure 10 Variation de salinité dans l'estuaire 07/10

Figure 11 Variation des M.E.S. 28/07

Figure 12 Variation des M.E.S. 07/10

Figure 13 Représentation schématique de la végétation

Figure 14 Evolution de la vasière entre 1954 et 1989

Figure 15 Evolution actuelle de la vasière

Figure 16 Etude prospective de l'évolution de la végétation

TABLEAUX

Tableau I Régime des vents à Saint Louis

Tableau II Classe de vents minimums instantanés à Saint Louis

Tableau III Température moyenne à Saint Louis

Tableau IV Pluviométrie moyenne annuelle à Saint Louis

Tableau V Insolation

Tableau VI Humidité relative en %

Tableau VII Evaporation moyenne journalière

Tableau VIII Paramètres physico-chimiques dans l'estuaire du Sénégal

Tableau IX Mollusques de l'estuaire du Sénégal





UAGI 8022 153.31

2 19 0



GLOSSAIRE

B.P.	Before Present (avant 1950)
C.S.E	Centre de Suivi Ecologique
E.P.E.E.C	Equipe Pluridisciplinaire d'Etude des Ecosystemes Côtiers
E.QU.E.SEN	Environnement et Qualité des Eaux du Sénégal
I.G.N	Institut Géographique National
I.S.R.A	Institut Sénégalais de Recherche Agricole
J.I.C.A	Agence Japonaise de Coopération Internationale
M.A.B	Programme sur l'Homme et la Biosphère (Nations Unies)
M.A.S	Mission d'Aménagement du Sénégal
O.M.V.S	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
O.R.S.T.O.M	Institut Français pour la Recherche Scientifique en Coopération
U.F.R	Unité de Formation et de Recherche
U.G.B	Université Gaston Berger
U.N.E.S.C.O.	Organisation des Nations Unies pour l'Education la Science et la Culture

BIBLIOGRAPHIE

- 1 Anonyme : Prospection pédologique du fleuve Sénégal : Profils et analyse de la carte de Saint-Louis 15 P
- 2 Ba M. (1987) Introduction de la Langue de Barbarie et à l'hydrologie de l'estuaire du Sénégal in : E.P.E.E.C Rapport final U.N.E.S.C.O. Div Sc. de la mer PNUD DAKAR pp. 5- 42
- 3 Ba M (1988) Hydrologie de l'estuaire du Sénégal : Impact du barrage de DIAMA in E.P.E.E.C. Rapport final pp. 16- 32
- 4 Bureau L (1991) La terre et moi Québec Boréal
- 5 Boivier P (1989) Mise en valeur des mangroves du Sénégal Rapport final ORSTOM 64 p
- 6 Champagnat C (1978) Migration des poissons démersaux le long des côtes ouest africaines de 10 à 24 ° de latitude Nord ORSTOM pp. 239 261
- 7 Charest P (1990) Les impacts environnementaux des grands lbarrages africains : bilan des connaissances et des leçons à tirer Laval Université Laval 20 p
- 8 Dajoz R (1985) Précis d'écologie 5 ed Paris Bordas 505 p)

- 9 DIAKHATE M (1988) Écodynamique des milieux et effets d'impacts potentiels du Barrage de DIAMA dans le delta du fleuve Sénégal Thèse de Doctorat Lyon Juillet 1988 401 p
- 10 Dieye M (1994) contribution à la caractéristique et à la recherche de techniques d'amélioration des sols sales dans le delta et la moyenne vallée ISRA Saint-Louis 71p
- 11 DIOP E.S (1997) Mangrove ecosystem studies in Africa and Latin America 349p
- 12 Dirk R (1993) Les sols salés du delta du fleuve Sénégal : propriétés physiques et chimiques. Bulletin techn N°8 SAED Saint Louis 84 p
- 13 E.P.E.E.C. (1983) Atelier d'étude des mangroves au Sud des l'estuaire du SALOUM Diomboss-Bandiala (Sénégal) Rapport final Dec 83 97p
- 14 E.P.E.E.C. (1987) Etude des estuaires et lagunes du Sénégal Rapport final Dec 87 219p
- 15 E.QU.E.SEN (1993) Phytoplancton et hydrodynamique dans l'estuaire du Sénégal Rapport de synthèse T 5 Chap. IX et X 75p
- 16 GAC J Y (1985) L'invasion marine dans la basse vallée du fleuve Sénégal Dakar ORSTOM 64 p

- 17 Hildeberg I (1978) L'espace géographique Paris P.U.F 219p
- 18 Hildeberg I (81) Problématique de la géographie Paris P.U.F 262 p
- 19 INQUA ASEQUA (1986) Changements globaux en Afrique. Passé
Présent Futur pp. 109-113
- 20 Joli F (1976) La cartographie applicable à l'aménagement Paris P.U.F
Collection Magellan 276 p
- 21 KANE A (1985) Le bassin du fleuve Sénégal à l'embouchure : flux
continentaux et dissous particuliers. Invasion marine dans la vallée du fleuve
Sénégal (Contribution à l'hydrologie fluviale en milieu tropical humide et à la
dynamique estuarienne en milieu sahélien. Université de Nancy 210p
- 22 Lacoste A (1969) Eléments de biogéographie et d'écologie Paris Nathan
189p
- 23 Lhomme P (1980) Biologie et dynamique de *Panaeus duorarum notialis* au
Sénégal : Migration et mortalité CRODT DRA 35p
- 24 Lizet B (1987) Comprendre un paysage : guide pratique de recherche Paris
INRA 147p
- 25 MARIUS C (1979) Les mangroves du Sénégal : Ecologie, Pédologie
Utilisation ORSTOM

26 MARIUS C (1985) Contribution à l'étude des mangroves du Sénégal et de Gambie : Ecologie pédologie géochimie mise en valeur et aménagement ORSTOM Paris 357p

27 MARIUS C (1995) Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie in Sécheresse Vol 1 pp. 123-125

28 Michel P (1973) Les bassins du fleuve Sénégal et Gambie: . Etude géomorphologique .Mémoire O.R.S.T.O.M n° 63 - 3 t 752 p

29 Moreau N (1991) Contribution de la télédétection à l'étude de l'évolution des paysages de mangrove de l'Afrique de l'ouest Université de Bordeaux Thèse Géographie 276p

30 Naegle A (1959) Note préliminaire sur la flore et la végétation du cordon littoral en avant dune du Sénégal Bulletin IFAN Série A N°4 pp. 1177- 1194

31 NAUROIS R de (1965) Les mangroves d'Avicenia les plus septentrionales de la côte d'Afrique occidentale Bulletin IFAN Série A Tome XXVII N°3 pp. 843-857

32 NAUROIS R de (1965) L'avifaune aquatique du delta du Sénégal et Gambie Bull. IFAN Série A Tome XXVII N° 3 pp. 1196 1207

33 Ndiaye A (1975) Le gandiolais : l'estuaire du Sénégal étude géomorphologique T E R Mémoire GEO UCAD 95 p

- 34 O.M.V.S. (1980) Evaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le bassin du fleuve Sénégal : plan d'action rapport final ORGATEC Dakar 116p
- 35 O.M.V.S. (1980) Evaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le bassin du fleuve Sénégal rapport partiel sur la qualité de l'eau ORGATEC Dakar 99p
- 36 O.M.V.S. (1980) Evaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le bassin du fleuve Sénégal rapport partiel sur l'ornithologie 81 p
- 37 Paskof R (1985) Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution Edition MASSON 185 p
- 38 Petit M (1990) Géographie physique tropicale :approche aux études du milieu : morphogénèse -paysage Paris Karthala ACCT 351 p
- 39 Reizer R (1967) Etudes préliminaires pour aménagement piscicole du delta du Sénégal CTFT 38p
- 40 Reizer R (1971) Contribution à étude hydrobiologique du bas Sénégal CTFT 186p

- 41 SALL M M (1982) Dynamique et morphogenèse actuelles au Sénégal occidental Thèse d'état Strasbourg 1 ULP 2 t 604p
- 42 SALL MM et alii (1993) L'après barrage dans la vallée : modifications hydrologiques et sédimentologiques : Conséquences sur le milieu et les aménagements hydroagricoles Presse univ de Perpignan 152 p
- 43 Steinberg J (1988) La cartographie dynamique applicable à aménagement Paris SEDES 132p
- 44 TRICART J (1961) Notice explicative de la carte géomorphologique du delta Edition Technip Paris 157p
- 45 TRICART J (1970) Introduction à l'utilisation de photographies aériennes en géographie -géologie écologie Collection SEDES 240p
- 46 Trochain J (1940) Contribution à étude de la végétation du Sénégal Larose Paris 433p
- 47 Viellefon J (1977) Les sols de mangrove et tannes de Basse-Casamance (Sénégal) ORSTOM Paris 291 p

TABLE DES MATIERES

Sommaire	2
Dédicace	3
Remerciements	4
AVANT PROPOS	5
Méthodologie	8
INTRODUCTION GENERALE	10
PREMIERE PARTIE :Caractéristiques générales de l'estuaire	13
Chapitre I Cadre physique	15
I.1 Cadre géographique et aperçu général sur l'estuaire	
I.1.1 Le relief	15
I.1.2 Le réseau hydrographique	16
I.2 Formation du delta	16
I.3 Caractéristiques topographiques	17
Chapitre II Le climat	20
II.1 Les facteurs du climat	20
II.2 Les éléments du climat	21
II.2.1 le vent	21
II.2.2 Les températures	23
II.2.3 Les précipitations	24
II.2.4 L'insolation	26
II.2.5 Humidité relative	26
II.2.6 L'évaporation	27
Chapitre III GÉOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE	29
III.1 Le Quaternaire	29
III.1.1 L'Ogolien (22000- 16000 B.P.)	29
III.1.2 Le Tchadien (12000- 8000 B.P.)	30
III.1.3 Le Nouakchottien	30
III.1.4 Le TAFOLIEN (4200- 2000 B.P.)	32

III.1.5 Le Subactuel (2000- 400 B.P.)	33
III.1.6 L'évolution actuelle	34
III.1.7 Les facteurs de la pédogenèse	36
III.1.7.1 Les types de sols	37

DEUXIEME PARTIE Cartographie et description de la mangrove de Saint Louis

Chapitre I : Hydrologie et hydrodynamique 41

I.1 L'hydrodynamique estuarienne	43
I.1.1 La marée	43
I.1.2 La dynamique fluviale	44
I.1.2.1 La salinité	45
I.1.2.2 La température	47
I.1.2.3 La sédimentologie	49

Chapitre II : Description des paysages actuels et des écosystèmes de la mangrove de Saint Louis 52

II.1 La flore	53
II.1.1 La macroflore	53
II.1.1.1 La structure de la végétation	53
METHODOLOGIE	53
II.1.1.2 Biologie des espèces représentées	56
II.1.2 La microflore	58
II.2 La faune	58
II.2.1 La macrofaune	58
II.2.1.1 L'avifaune	58
II.2.1.2 Les poissons	59
II.2.1.3 Les crustacés	61
II.2.1.4 Les insectes	61
II.2.1.5 Les mollusques	61

TROISIEME PARTIE : Les facteurs d'évolution de la mangrove et leurs impacts	64
Méthodologie	65
Chapitre I L'impact des facteurs naturels	67
I.1 La sécheresse	67
I.1.1 Les effets sur la végétation	67
I.1.2 Les effets sur les sols	73
Chapitre II L'impact des facteurs anthropiques	74
II.1 Les défrichements	74
II.2 Les impacts potentiels ou probables du barrage	75
Conclusion	77
Annexes	80
Listes des tableaux et Figures	85
Glossaire	87
Bibliographie	88
Table des matières	94