



ETUDE DE SUIVI DU TRAIT DE COTE
ET SCHÉMA DIRECTEUR LITTORAL
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

ETUDE DE CAS AU SENEGAL

EVOLUTION DU TRAIT DE COTE
DU LITTORAL DE PALMARIN



EVOLUTION DU TRAIT DE COTE DU LITTORAL DE PALMARIN

**Direction de l'environnement
et des établissements classes**

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	4
INTRODUCTION	5
I. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	6
1.1 CONTEXTE SCIENTIFIQUE	6
1.2 TRAVAUX ANTERIEURS.....	6
1.3 PROBLEMATIQUE	7
1.4 OBJECTIF GENERAL DE L'ETUDE	8
1.5 RESULTATS ATTENDUS	8
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	10
2.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	10
2.2 GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET SOLS.....	13
2.3 GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET SOLS.....	36
2.4 ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES ET CULTURELS EN COURS	39
2.5 EVALUATION DES PERTES SOCIO ECONOMIQUES ET CULTURELLES : LE CAS DU VILLAGE DE DIAKHANOR	44
2.6 VALORISATION FINANCIERE DES PERTES	53
2.7 LES STRATEGIE D'ADAPTATION.....	61
III. APPROCHE METHODOLOGIQUE	62
3.1 LES DONNEES UTILISEES.....	62
3.2 CHOIX DE LA LIGNE DE REFERENCE.....	63
3.3 TECHNIQUES D'EXECUTION DU TRACE DES LIGNES DE REFERENCE	66
3.4 METHODES ET OUTILS, TECHNIQUES DE MESURE DES EVOLUTIONS OBSERVEES	66
VIII. TDR AMENAGEMENT DE PROTECTION DU RIVAGE A NGALLOU, DIAKHANOR ET DJIFFERE	80
IX. TDR FACILITATION DES ECOULEMENTS DE SURFACE	82
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85
FICHES DE METADONNEES (DECRIVANT LES DONNEES UTILISEES SELON LA NORME ISO 19115) 88	
LISTE DES ILLUSTRATIONS	92

RESUME

SIGLES ET ABREVIATIONS

GIEC : Groupe international d'étude des changements climatiques
CCNUCC : Convention cadre des nations unis sur les changements climatiques
TECAsEN : Télédétection et cartographie au Sénégal
DEEC : Direction de l'environnement et des établissements classés
UNESCO : Organisation des nations unis pour la science l'éducation et la culture
EPEEC : Equipe pluridisciplinaire d'études des écosystèmes côtiers
CR : Communauté rurale ou Conseil régional
PLD : Plan local de développement

La CR de Palmarin est située à 150 km environ au sud de Dakar, à l'extrême nord ouest du delta du Saloum sur le littoral. Elle appartient à la région et au département de Fatick. Elle fait une superficie de 93km². Elle est à dominante peuplée d'une population autochtone de Sérère. Située au Sud de Saly, avec des plages sableuses et une population environnante qui a une tradition séculaire de pêche et d'exploitation des ressources aquatiques, elle abrite aujourd'hui des résidences secondaires, plusieurs réceptifs hôteliers et un important port de pêche animée par une population de migrants. La géologie et la géomorphologie nous ont montrée les phases successives de la mise en place du modelé de cet écotone. L'histoire nous a appris que malgré les menaces, la population, à cause de la richesse du milieu et de la qualité de l'environnement, s'est toujours accommodé des aléas dans un contexte d'économie traditionnelle.

Mais dans le contexte d'une structuration élevée, le retrait du trait de côte ainsi que son ampleur ont une forte incidence sur les investissements en infrastructure et en équipement. Et ceci est bien illustré à travers l'étude des pertes qu'a subit la population de Diakhanor. Elle révèle par ailleurs, que le coût de la réinstallation est cinq fois supérieur à l'investissement lors de l'installation. Elle montre ainsi que le coût de l'adaptation sera de plus en plus élevé.

L'approche méthodologie utilisé pour mieux cerner la dynamique de retrait du trait de côte a aussi permis de montrer les zones les plus sensibles par rapport à l'érosion côtière. Elle révèle par secteur, des vitesses énormes de recule sous l'effet de la houle et des vagues.

INTRODUCTION

Pour la plupart des côtes basses, le cordon dunaire joue le rôle de premier rempart naturel contre la submersion marine des espaces situés en arrière (Suanez et al. 2008). Cet élément est d'autant plus déterminant que ces zones d'arrière dune sont souvent urbanisées (St Louis, Rufisque, Bargny, Popenguine, Saly, etc.) ou abritent des villages, des infrastructures, des équipements et un patrimoine floristique et faunique. Dans ces conditions, le maintien de la dune est une priorité. Car, c'est sa destruction par le prélèvement du sable de plage, qui a valu tous les désagréments que l'on connaît au niveau de notre littoral ces dernières années (phrase pas très claire).

Durant la période coloniale, des ouvrages de protection de ces dunes ont été érigés à Rufisque et St Louis. Puis, c'est Rufisque qui, pendant longtemps, durant la période post indépendance, a pu retenir l'attention des autorités et bénéficier du renforcement et du prolongement des aménagements de protection au Nord (Diokoul) et au Sud (Thiawène). D'autres villages du littoral, sous les mêmes effets pendant ce temps, ont dû se déplacer par leurs propres moyens (villages de Palmarin). A la suite, d'autres initiatives se sont poursuivies à travers la protection de la Porte du Millénaire, de la Résidence de Popenguine et de la cité balnéaire de Saly.

Dès lors, la question de l'érosion du cordon dunaire et des risques de submersion ne se pose plus en simples termes environnementaux, mais entraîne des prises de décision politiques avec lesquelles les gestionnaires du littoral doivent composer. Il s'agit alors d'évaluer de la façon la plus pertinente possible, le risque encouru avant d'intervenir sur le terrain. C'est dans cette perspective que s'inscrit cette étude de cas, qui porte sur l'évolution du trait de côte dans la communauté rurale de Palmarin.

I. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 CONTEXTE SCIENTIFIQUE

La translation des isohyètes, vers le sud depuis bientôt quatre décennies, rend les saisons des pluies de plus en plus aléatoires. On observe également une élévation des températures dans les régions intérieures (Sall & al, 2009). Sur le littoral, le retrait du trait de côte s'est accentué, entraînant des dégâts matériels importants (Mbao, Rufisque, Somone, Saly, Joal, Palmarin, Djiffère, etc.).

A une échelle plus grande, dans la région ouest africaine, on note entre autres (1) l'augmentation de la température de surface, (2) la variabilité et l'intensité accrues des précipitations et (3) l'élévation accélérée du niveau de la mer (Sall & al, 2009).

De nombreuses évaluations (GIEC) sont arrivées à la conclusion que l'érosion côtière généralisée constitue l'un des problèmes environnementaux les plus graves qui attend la région. Tous ces phénomènes sont interprétés comme étant dus aux changements climatiques. La CCNUCC définit le changement climatique comme étant un phénomène qui altère la composition de l'atmosphère mondiale et qui vient s'ajouter à la variabilité naturelle du climat.

1.2 TRAVAUX ANTERIEURS

L'étude de la géomorphologie, de l'évolution et de la sédimentologie des terrains du Sine Saloum s'est intéressée au secteur compris entre l'embouchure et Fatick-Kaolack. Le Quaternaire récent, plus particulièrement la transgression du Nouakchottien, reste prépondérant dans la compréhension de la mise en place des terrains, dont la forte extension à l'intérieur des terres s'est amplifiée avec la péjoration du climat et la forte pression anthropique.

Cette étape de l'histoire morpho-climatique a fait l'objet de nombreuses analyses (MICHEL.P.1969, SALL.M.1982, etc.), et le récent inventaire bibliographique que nous avons effectué (TECAsEN.1983), ajouté aux mesures physiques menées sur le site d'étude, ont permis d'analyser l'évolution récente (XVIIIème-XXème siècles) du système littoral du Sine Saloum. Ce milieu complexe, d'une évolution extrêmement rapide a attiré des archéologues, des pédologues, des géographes, etc. Depuis 1979, il a été étudié grâce aux données des satellites LANDSAT.

Et en 1981, il a servi de zone-test aux simulations du satellite français (SPOT). Il s'est révélé être un site d'une importance capitale par la diversité des paysages de marais tropicaux qu'il présente.

L'Equipe Pluridisciplinaire d'Etude des Ecosystèmes Côtiers (EPEEC), à la suite de plusieurs études, de même qu'à travers d'autres travaux comme ceux de Diaw et al. 1992, I. Niang, 1994, Pg. Lo, 2007, DEEC, 1999 etc., est parvenu à la conclusion que l'érosion côtière est

un problème national. En effet, les taux de recul de la ligne de rivage observés varient, selon les situations et les processus en jeu.

Ils se situent en général entre 1 et 2m par an, pour les plages sableuses. Les taux de recul du rivage les plus importants ont été enregistrés lors de l'ouverture de la brèche du Lagoba dans la flèche de Sangomar (taux de 137 m/an (Coly, 2010), du fait de très fortes houles. Ces dégâts ont entraîné des relocalisations (déplacement du village de Palmarin et du campement de Djiffère). Une dégradation de la mangrove, corrélée à une extension des tannes et une salinisation des sols et des eaux sont également une autre cause.

Cet environnement marin côtier qui est un écosystème très riche, générateur d'une importante biodiversité marine et côtière terrestre, offre également d'importantes opportunités aux populations en termes de moyens de subsistance. Cette vaste zone de transition environnementale risque par conséquent, d'être affectée par l'élévation du niveau de la mer du fait des changements climatiques.

Dans notre zone d'étude, selon l'Epeec In Unesco (1984), l'histoire de Sangomar n'a pas commencé le 27 février 1987, jour de sa dernière rupture. En réalité, la brèche du Lagoba est un évènement, dans une histoire vieille de quelques millénaires, et qui n'est pas finie. Il s'agit de l'aboutissement d'un long processus naturel prenant sa place dans la formation et l'évolution de delta du Saloum.

1.3 PROBLEMATIQUE

Selon ces auteurs (EPEEC, Thiam md, etc.), la rupture de la pointe de Sangomar, en février 1987, n'était pas la première. Il y en a eu plusieurs autres au cours du siècle : en 1909, 1928, 1960, 1970, mais cette dernière (1987), est de plus grande ampleur et c'est aussi ce qui fait son originalité. Donc, en février 1987, au cours d'une tempête, une brèche se crée dans la partie la plus fragile. Après un an, la brèche mesure 1km de large, après 10 ans environ 4km, et 4,5km, 20 ans après. Ce phénomène d'érosion a entraîné sur son passage la destruction de campements et de divers bâtiments. Le hameau de Djiffère situé à 4 km au nord du premier point de rupture, migre depuis lors, au rythme du recul de la ligne de rivage; l'usine de Djiffère (usine d'extraction du titane puis de conditionnement de poisson pour l'exportation) a sagement plié bagage au mois de mars 1996. Elle était en effet régulièrement envahie par la mer ou le sable depuis le mois d'août 1995.

Parallèlement à ce phénomène naturel d'érosion, se produit sur une grande partie de la zone directement sous l'influence de la houle, un processus de sédimentation.

Ainsi l'extrémité sud de l'ancienne flèche de Sangomar formant actuellement une île, s'étend de 100 m par an vers le sud.

Les abords des villages de Niodior et Dionwar, sur la rive opposée du Saloum par rapport à l'île de Sangomar, s'ensablent considérablement réduisant le trafic des pirogues et diverses embarcations à un temps limité aux alentours de la marée haute. On y observe le développement d'une flèche distale. Plus au sud vers Bétenti, l'île aux Bœufs, l'île aux Oiseaux, l'ensablement crée les mêmes problèmes, enclavant de plus en plus les populations.

D'autre part, il faut signaler que tous villages de la CR de Palmarin ont changé au moins une fois de site. Le dernier en date est Diakhanor après Djiffère.

Selon les études géomorphologiques (Diop ES, 1986), la flèche littorale sur laquelle est fondée cette CR est constituée de dépôts sableux. La roche latéritique, à partir de laquelle s'est amorcée sa mise en place, se trouve vers le village de Samba Dia.

Actuellement, le campement Sessène est fermé parce qu'une bonne partie est sous les eaux. A Ngallou la menace est très forte et certaines maisons sont déjà abandonnées. A Djiffère, la route subit les assauts de la mer. Face à cette situation, des mesures urgentes et durables sont à envisager.

1.4 OBJECTIF GENERAL DE L'ETUDE

Mettre un accent sur une approche écosystémique pour mieux appréhender les effets des changements climatiques et leurs conséquences sur une entité territoriale.

Objectifs spécifiques :

- OS1 : retracer l'évolution géomorphologique de la flèche littorale de Palmarin,
- OS2 : déterminer les risques socioéconomiques, ainsi que les stratégies d'adaptation des populations et des autorités territoriales face à l'avancée de la mer,
- OS3 : Envisager la nécessité de déplacer certaines installations humaines,
- OS4 : A travers des cartes du littoral au niveau du site, déterminer le taux actuel d'évolution de l'érosion.

1.5 RESULTATS ATTENDUS

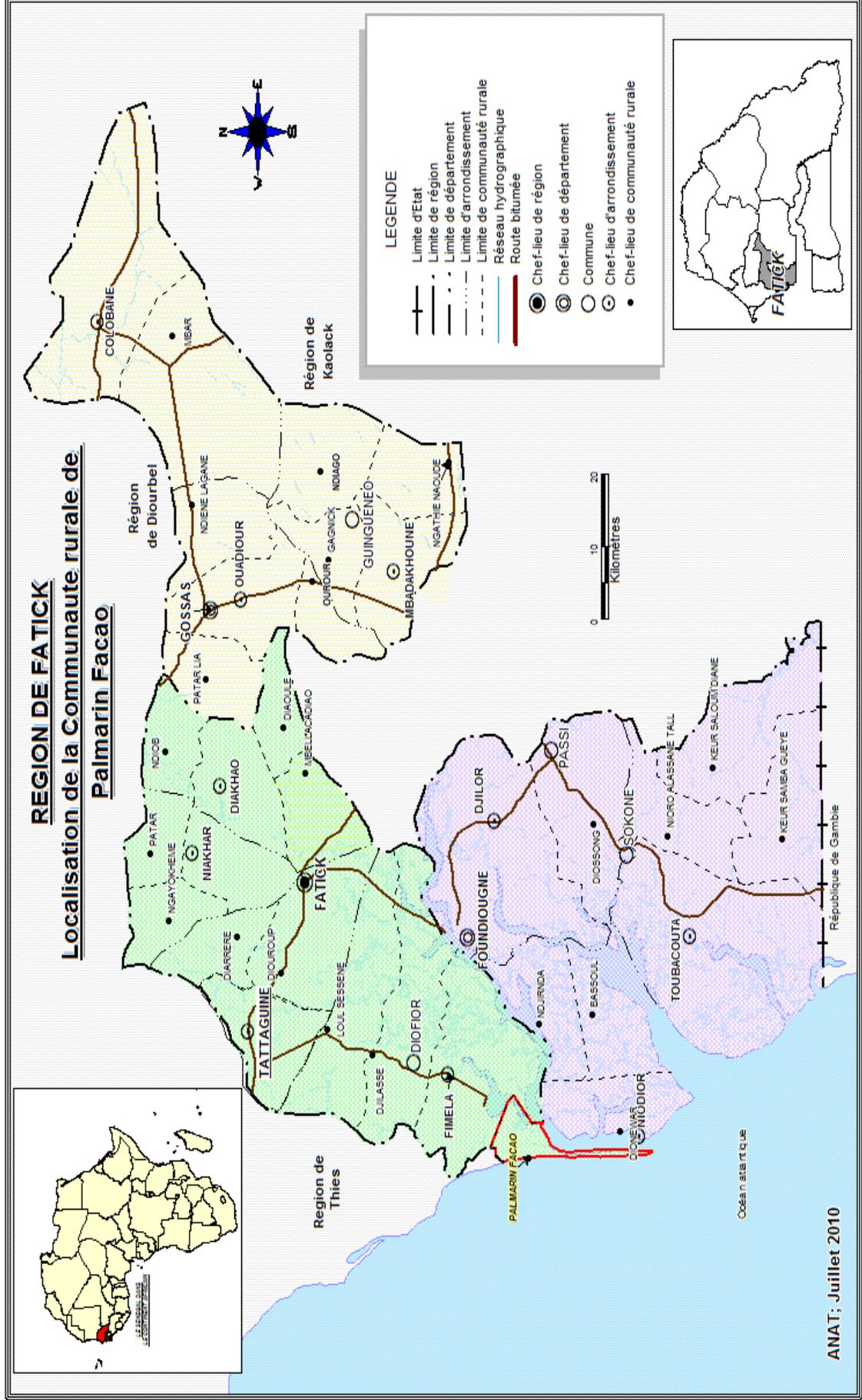
L'évolution de la flèche littorale de Palmarin est retracée à partir d'une documentation sur la géologie et la géomorphologie du delta du Saloum (quaternaire récent) ;

Proposer une stratégie d'adaptation face à la recrudescence de l'érosion côtière, pour sécuriser les vies humaines, l'habitat, les équipements et préserver les investissements ;

Identifier des sites probables d'accueil de la population qui pourrait être impactée dans un futur proche ;

Le taux moyen annuel d'évolution du retrait du trait de côte est déterminé.

Figure 1 : Localisation de la CR de Palmarin



II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

1. Le relief

Palmarin couvre une superficie de 93km². Elle fait partie des plus petites communautés rurales du Sénégal. La réserve naturelle communautaire de Palmarin est relativement plate avec des dépressions plus ou moins marquées au Sud et à l'Est et des formations dunaires dans la partie ouest, le long du littoral atlantique.

Sur la partie Est de la CR de Palmarin, la zone basse irriguée par les bolongs accueille une végétation de palétuviers. Au Nord, s'étend un vaste tanne, caractéristique des sols nus salés. On y distingue trois faciès : les tannes herbus avec souvent une végétation mono spécifique, les tannes vifs avec efflorescence saline et les tannes inondables. Une partie de ces anciennes rizières est convertie, par les femmes, à l'exploitation du sel à travers des puits. Il offre un paysage de trous noirs et de tâches blanches au nord, à l'est du village de Ngueth et sur les versants des cordons dans la mangrove de cette zone.

Le substratum des zones de mangrove est essentiellement composé de sables quartzeux et d'argiles, mélangés à une importante fraction organique liée à l'accumulation et à la décomposition des restes de palétuviers (Unesco, 1992).

Du nord dominé par une vaste superficie de tanne au sud, entre la mer à l'ouest et la mangrove à l'est, se distinguent les sols dior favorables à l'agriculture et à la foresterie et sur lesquels sont installés les villages. La pente générale est orientée du cordon littoral vers les bolongs. La hauteur du cordon peut atteindre à certains endroits 4 à 2m (en face de Ngounoumane et avant d'arriver à Djiffère). Ces cordons sont constitués par des dunes littorales résultant du transport éolien de sables issus des estrans de plage, exposés à des vents réguliers et forts. Parfois, ces cordons isolent une lagune peu profonde, envahie pendant la saison des pluies ou qui permet à l'eau issue des fortes marées et qui traverse le cordon littoral, de transiter pour aller vers les bolongs à l'est.

La côte est formée d'une large plage sableuse, séparée de la terre par un cordon sableux, qui de nos jours, subit une forte érosion.

La CR de Palmarin est depuis 1987 coupée en deux, du fait de la rupture de la flèche de Sangomar à la hauteur du hameau de pêche de Djiffère. La brèche est large de plusieurs km et la profondeur permet aujourd'hui le passage des bateaux en partance pour Kaolack. Au sud de la flèche de Sangomar, du côté de l'océan, la plage est sablo-rocailleuse, à l'entrée du fleuve Diomboss. De Fata NGoussé à Djiffère, la côte est dénudée, sableuse accessible en toute saison. La côte de Sangomar l'insulaire est, sableuse, couverte de palmiers nains, de palétuviers et d'herbes

Photo 1: Image SPOT 2002 de la communauté rurale de Palmarin avec l'île de Sangomar au Sud



2. Le climat

Le climat est plus ou moins doux avec une température moyenne de 28°C. Les pics sont de 16°C en janvier et 38°C en juin. La moyenne pluviométrique décennale enregistrée entre 1991 et 2000 est d'environ 576,71 mm pour 35 jours de pluie avec toutefois des variabilités inter annuelles relevées en 1992 avec 400 mm et en 1999 avec 920.9 mm (Plan local de développement de Palmarin (PLD) 2001).

3. Les sols

Essentiellement deux types de sols sont rencontrés dans cette zone :

- les sols dior, environ 12% de la superficie de la communauté rurale, se localisent dans la partie Nord Est. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux favorables aux cultures pluviales, au maraîchage et à l'élevage ;
- les tannes - mangrove sur plus de 85% du terroir. Ce sont des sols halomorphes acides et hyper salés. A cause de la forte dégradation de la mangrove et de l'intrusion saline, ce type de sols continue de s'étendre en réduisant considérablement la superficie cultivable. En dix ans, il a envahi plus de 700 ha soit 10% des terres. Ce qui constitue une menace réelle pour la survie des populations.

4. La végétation et la faune

La végétation est de type soudano guinéen à soudano sahélien. L'influence maritime apporte un climat favorable au développement de certaines espèces telles que les palmiers à huile, les palmiers nains, les rôniers et les cocotiers. Quelques rares espèces de zones forestières bien conservées existent dans la réserve communautaire. Les plus importantes sont :

- sur la frange de Faboura au Nord de la communauté rurale, il y a environ 100 ha composés de mangrove et de forêt de *Borassus aethiopicum*, *Acacia albida*, *Combretum glutinosa*, *Adansonia digitata* (Plan Local de Développement de Palmarin 2001),
- la mangrove occupe plus de 40% de la superficie. En certains endroits, la végétation de palétuviers, avec six (6) espèces se présentent sous forme de relique. Les espèces dominante sont *Rhizophora mangle* et *Avicenia africana* (PLD Palmarin, 2001). Cette mangrove constitue une zone de reproduction de nombreuses espèces de poissons. La faune qu'on y rencontre est celle des mangoustes de marais et des canards sauvages.

Sur les cordons littoraux pondent les tortues ; tandis que sur les dunes de l'intérieur, séjournent et se reproduisent les pintades, les hyènes et les chacals.

2.2 GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET SOLS

1. Géologie

Le Quaternaire récent demeure la période la mieux connue en ce qui concerne surtout l'évolution du bassin du Sénégal en général et le delta du Saloum en particulier. Lors de la période Post Inchiérienne, dite Ogolienne (21000-13000 ans BP), il se serait produit un épisode sec (voir tableau 1), suite auquel devait se constituer le réseau hydrographique du Sine Saloum, lors de la phase humide qui a suivi. C'est la seconde phase d'entaille (13000 - 8000 ans BP). C'est à cette période que le delta aurait été mis en place (MICHEL. 1970), par les trois fleuves (Siline, Sine et Saloum, voir figure 1.b). Il se serait produit un autre épisode sec entre 8000 et 6000 ans BP, suivi d'une transgression marine dite du Nouakchottien, qui aurait atteint son niveau le plus élevé vers 5500 BP, et au cours de laquelle la mer aurait envahi les basses vallées du Sine et du Saloum.

Au cours du retrait, (période post-Nouakchottienne), la mer abandonne au fur et à mesure des cordons sableux successifs vers 4000 ans BP. (DIOP., SALL. 1976; DIOP. 1978). Par la suite, il se produit un comblement des lagunes inter-cordons et on passe ainsi, avec les cordons dunaires, à l'édification des îles du Saloum (cf. tableau 1).

Au subactuel, toute la dynamique va être accentuée par une situation du delta dans une zone de subsidence qui va entraîner un basculement et un envahissement par la mer (FAURE et DIOP 1974). Il en résulte une perte des caractères fluviaux, (ELOUARD et ROSSO. 1977). Sur les îles, on assiste, à l'édification des *kjökkenmoddinger* (amas coquilliers) par une surexploitation presque industrielle des coquillages.

Vers 4000 ans BP, consécutivement à une petite période régressive, il se produit l'édification des "lunettes" anciennes dans la partie orientale des îles et le retour à une série de pulsations vers 3000 ans BP. C'est à cette période que s'effectue la mise en place de la flèche de Sangomar en relation avec la dérive littorale (HEBRARD.1972) ; la rotation de la houle autour de cet obstacle au maximum de son extension, va donner naissance d'abord à des îlots qui, au fur et à mesure, vont se souder à l'île de Niodior pour donner les deux flèches, de direction sud-nord, inverse à celle de la flèche de Sangomar. Peut-être, c'est le même rythme dynamique qu'aurait eu la flèche de Sangomar, avec la "Porte de Fata" qui l'a jadis isolée en île.

En d'autres termes, le bassin sédimentaire sénégal-mauritanien est le plus occidental et l'un des plus vastes bassins (340 000km²) du littoral ouest africain (Bellion et Debenay, 1986). Au niveau de la Sénégalie, le relief est peu marqué avec des côtes généralement basses où débouchent quatre estuaires importants : Sénégal, Saloum, Gambie, Casamance.

Tableau 1 : Succession des grandes étapes du Quaternaire sénégalais

Etages	Datation abs	Mouvements océan	Altitude (m)	Climat	Correspondance IV° européen	Morphogénèse au Saloum	Morphogénèse bassin fleuve Sénégal
SUB ACTUEL	1 700		0				Dunes et levées subactuelles
TAFOLIEN	2 000		0	aride	holocene	Courant de dérive littoral N- S Formation des cordons et comblement des lagunes	Régularisation des côtes du Sénégal ; Larges plages sableuses – Cordons successifs/ lagunes à mangrove
	3 000	T	+2	semi-aride		Ilots de Niodior	
	4 200		-3			Flèche de Sangomar Lunettes anciennes	
NOUAKCHOTIEN	4 200 maxi 5 500	T	+2.5 +1 à 1.5	humide	flandrien	Basses vallées du Sine et du Saloum envahies par la mer	Terrasses marines ; mise en place du 2ème remblai
	6 800 8 000	R		sec			
TCHADIE N	8 000 11 000	T	-18 -30	sec	Pré -		Remaniement des dunes rouges
OGOLIEN	15 000	R	-100 à - 120	Très humide	Flandrien	Mise en place du delta du Saloum	
	20 000					Première entaille des cours d'eau	

(Michel. 1973 ; Diop. 1978, Sall. 1982) (T : transgression ; R : régression) In Thiam (1986)

Après un épisode tectonique majeur (lutétien), on assiste à un retrait général de la mer au quaternaire (holocène). C'est durant cet épisode géologique qu'il y aura la transgression (Nouakchottien) à laquelle on attribue la plus grande partie du comblement des vallées alluviales (P. Michel, 1973, In C. Marius, 1986).

La structure d'ensemble du bassin correspond :

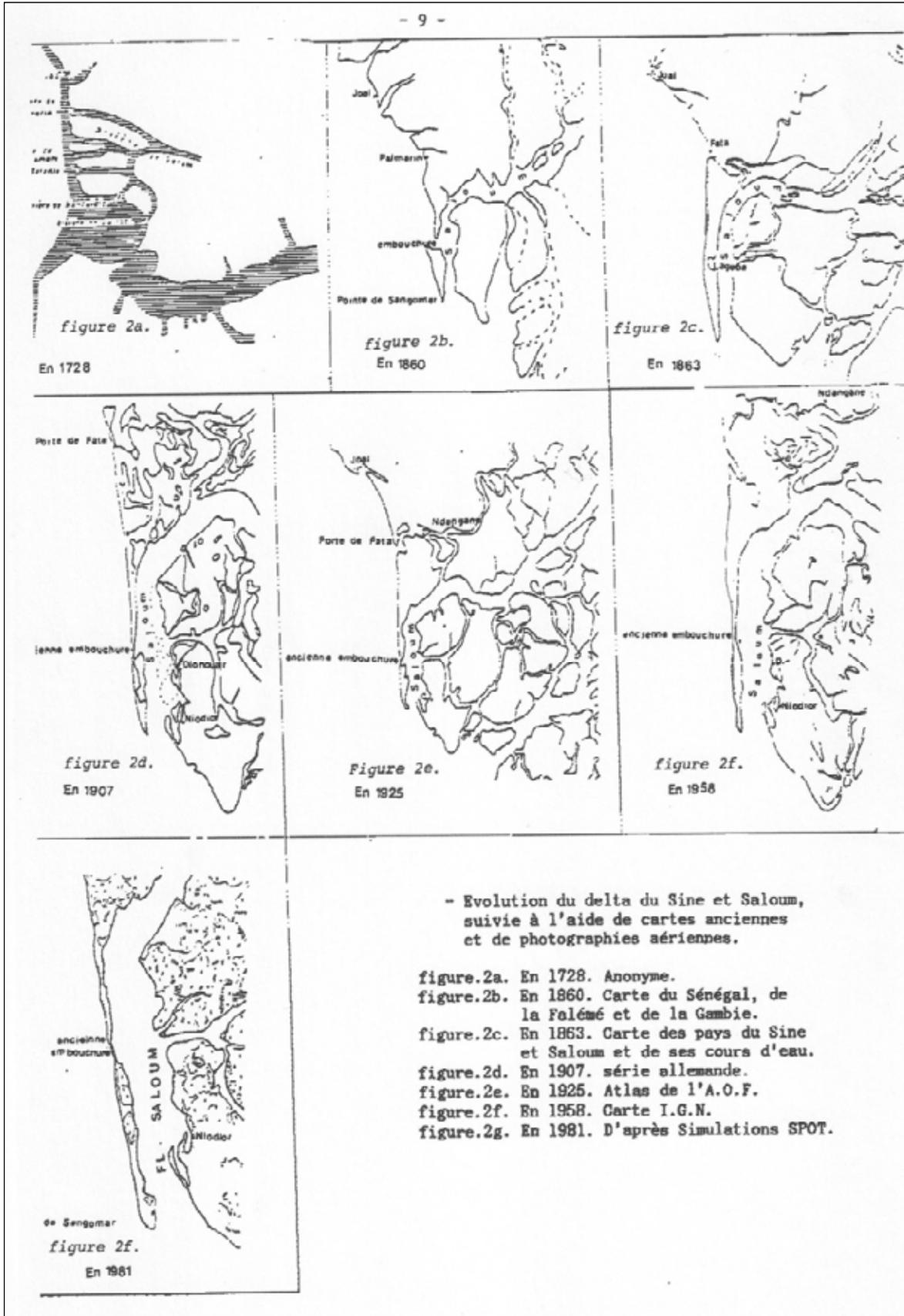
- à un remplissage sédimentaire s'épaississant en direction de l'océan et constitué de prismes élémentaires progradants superposés,
- un plongement général des couches très faibles ainsi qu'un enfoncement graduel et progressif du substratum dans la même direction,
- une transgressivité apparente des dépôts vers l'ouest au fur et à mesure de l'expansion océanique et de la subsidence du bassin.

Cette transgression a généralement laissé des dépôts sableux qui forment des terrasses en bordure du plateau continental et qui subsistent parfois en îlots au milieu des alluvions plus récents (carte 1). La sédimentation est alors essentiellement marine (Marius, 1979).

Après le Nouakchottien, s'établit un courant nord – sud de dérive littoral, qui ferme progressivement les golfes par une série de cordons littoraux, dont celui de Palmarin. Ces cordons littoraux (Langue de Barbarie, Flèche de Sangomar, etc.) ont fermé partiellement les golfes marins donnant de grandes lagunes (Somone, Mbaling, Mbodiène) et entièrement, là où se sont installés en arrière des cordons des lacs (Tanma, Retba, Mbeubeuss, Ouyie).

Du point de vue morphologique, le Saloum observe une nette dissymétrie entre les deux rives du fleuve. Arrêté par la longue jetée de la Pointe de Sangomar, le flot n'entre pas directement dans les marigots de la rive droite du fleuve Saloum. Ainsi, les vasières qui bordent les marigots de la rive droite du Saloum sont sillonnées par un labyrinthe de chenaux de marées dont le réseau est moins dense. C'est le cas sur la rive droite du marigot de Ndangane, qui fait partie de la CR de Palmarin.

Figure 2 : Les différentes phases d'évolution géologiques du delta du Saloum et de la flèche de Sangomar de 1728 à 1981 In Thiam (1986),



2. Géomorphologie du littoral

Les estuaires et lagunes du Sénégal, ont pris leur forme actuelle durant le quaternaire. C'est au Nouakchottien, âge holocène et dont le maximum se situe à 5500 ans BP, que beaucoup d'auteurs attribuent le comblement alluvial de toutes les vallées du littoral ouest africain (Michel P., 1973 ; Marius et Lucas, 1977). Les étapes de l'évolution géomorphologique de ces golfes depuis 5500 ans BP, ont été schématisées par ces différents auteurs.

Deux oscillations marines peuvent être distinguées au sein du quaternaire récent. A partir de - 18000 ans BP, le grand erg continental des dunes rouges ogoliennes est envahi par la mer dite nouakchottienne, qui atteint son maximum (+5m) vers - 5500 ans BP. Un important cordon de sable fin s'installe ensuite le long du littoral. Puis, un nouveau retour transgressif érode la terrasse nouakchottienne et franchit localement le cordon dunaire. Ultérieurement, le niveau marin semble osciller autour de sa position actuelle. Dans le Sine Saloum, on trouve des dunes rougeâtres orientées Nord Est - Sud Ouest. Ces dunes sont datées de l'Ogolien et laissent suggérer que les latérites du Pliocène ont été érodées, mobilisées et redéposées.

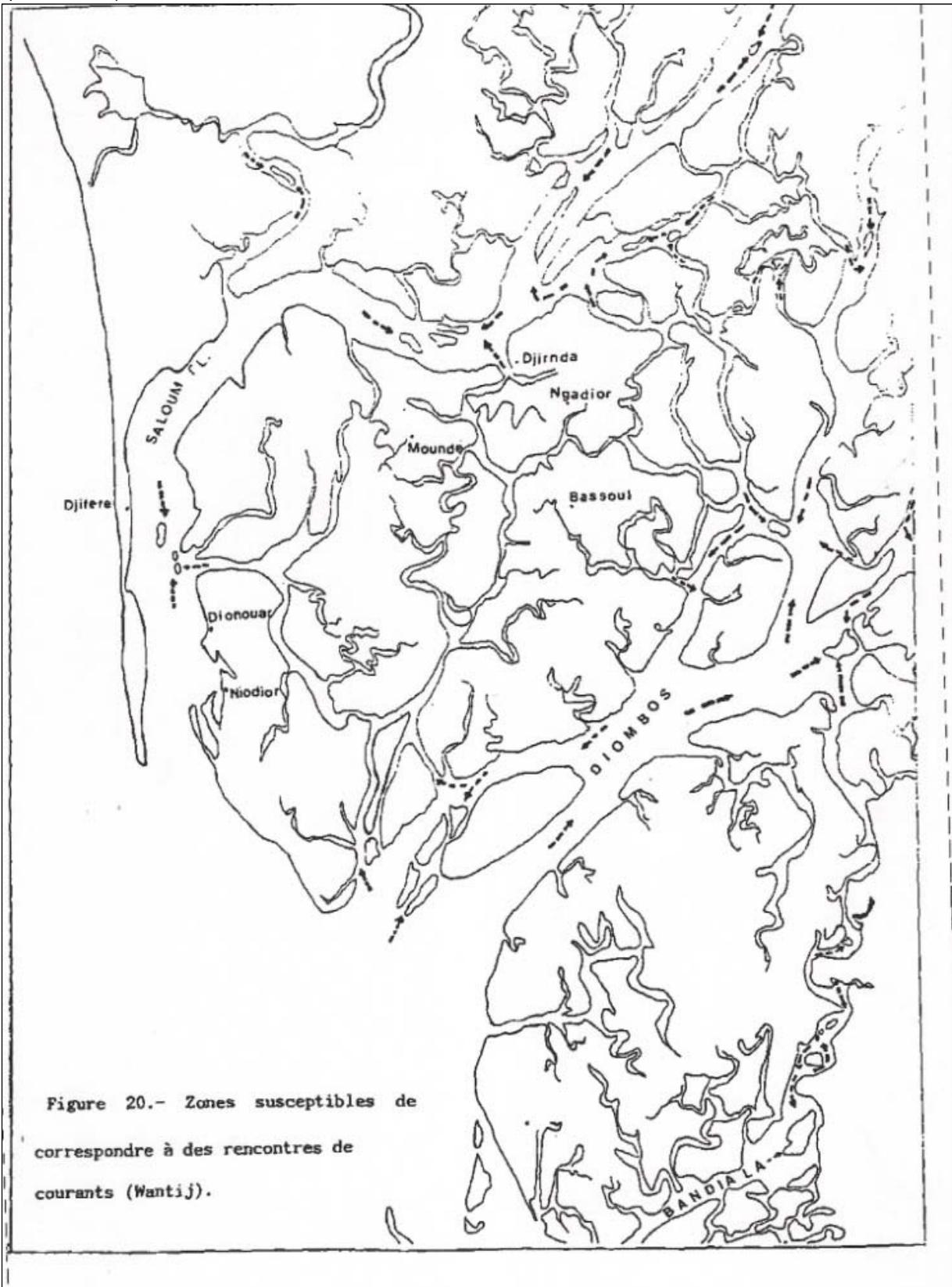
Le bassin sédimentaire du Sénégal accumule différents étages marins, qui sont voilés par une couverture de formation quaternaire. Ce modelé est responsable du dessin rigide et régulier de tous les mouvements de terrain du fleuve Sénégal au Saloum. C'est dans ce contexte géomorphologique que s'inscrivent les estuaires et lagunes, qui découpent le littoral. La caractéristique principale de ces écosystèmes, c'est qu'ils sont des milieux ouverts en échange quasi- permanent entre, d'une part, le milieu continental et d'autre part, le milieu océanique.

L'histoire quaternaire nous a montré que la mise en place des formes principales a obéi aux fluctuations du niveau marin. De là résulte leur complexité. A l'aide des transects, une vue synoptique de la géomorphologie permet de relever les principales composantes de l'organisation du paysage de mangrove.

Le schéma morphologique (cf. figure 3) est le suivant :

- les plages
- les cordons littoraux récents
- les cordons littoraux anciens (végétation subguinéenne, habitat, agriculture)
- les cuvettes de décantation
- les amas coquilliers d'origine humaine
- les tannes
- les vasières à mangroves
- les plans d'eau

Figure 3 : Les ensembles morphodynamiques du delta du Saloum (après la phase quaternaire)



Thiam, 1986.

Il ressort de cette classification une volonté de voir correspondre des types de formes du milieu avec les faciès morpho pédologiques. D'autres définitions ayant insisté sur l'aspect dynamique ont introduit la notion de séquence "mangrove-tanne", négligeant les formes et mettant plutôt l'accent uniquement sur les aspects phytogéographiques et pédologiques.

A ces ensembles, il faut ajouter les flèches littorales, dont la plupart se développent perpendiculairement au sens d'écoulement des embouchures, sous l'influence du courant marin dominant Nord – Sud. Elles ont tendance à fermer les embouchures des principaux cours d'eau (Langue de Barbarie, Flèche de Sangomar).

a. Historique de l'évolution récente de la flèche de Sangomar

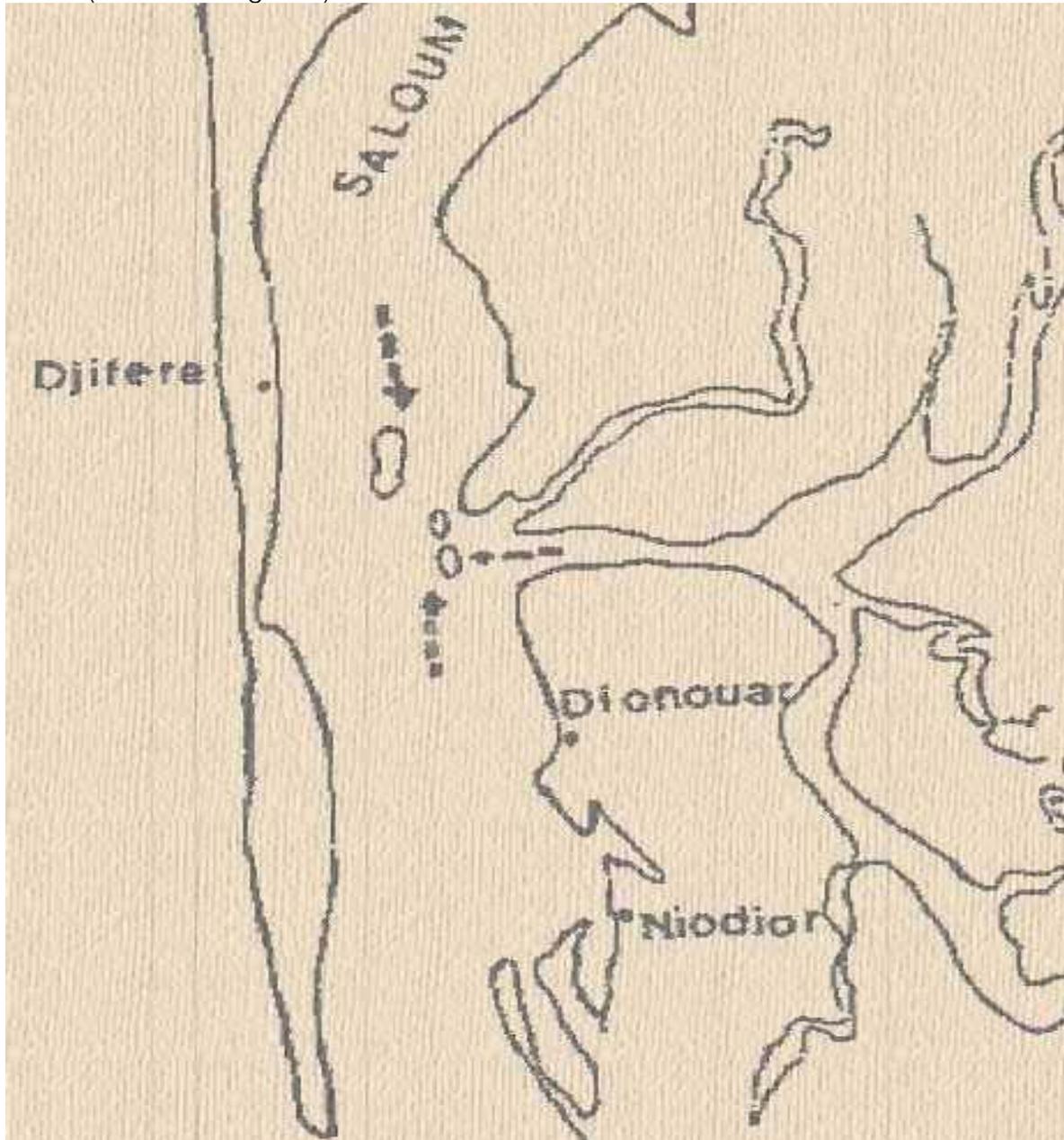
Elle peut être perçue sur les documents à partir du XVIIIème siècle, à travers les différents éléments particuliers du paysage, notamment "la Porte de Fata" (voir figure.2.d. en 1907), l'ancienne embouchure, l'extrémité distale de la pointe de Sangomar et enfin les deux flèches de Niodior.

L'existence de la "Porte de Fata" qui a jadis isolé en partie, la flèche de Sangomar comme une île, à la suite d'une communication du "marigot de Ndangane" avec la mer. La coupure de la flèche au niveau de ce qui est dit : l'ancienne embouchure, "Lagoba" ou "Lac Oba" sur certaines cartes (à la hauteur de Djiffère), est un accident ayant souvent entraîné une véritable communication avec l'océan. Cet accident se serait produit à plusieurs reprises durant le siècle dernier cf Figure 2 et 3 bis) :

- 1806, témoignage recueilli par YVETOT (1949)
- 1860 et 1863 d'après MAGE.E (1863)
- 1890 YVETOT.C. (1949).
- 1914 rapports MINOT.A (1933)
- 1929 d'après YVETOT qui y passa en canot.
- 1960 et 1970 d'après SALL.M. (1982)

Aujourd'hui, les marées exceptionnelles débordent de l'océan et se déversent dans le Saloum par cet étranglement que représente l'ancienne embouchure qui en faite, subit les assauts répétés des eaux issues des bolongs d'en face.

Figure 3 BIS : La zone de coupure de la flèche de Sangomar sous la croisée des flux divers. (cf. encadré figure 3)



b. Configuration du littoral actuel

Le Sénégal est un pays plat en dehors de certains sommets comme les Mamelles, le massif de Ndiass, le plateau de Thiès et le socle du Sénégal oriental. Le reste du pays est dominé par les dunes ogoliennes qui sont vives à semi fixées. Les régions côtières, comme Palmarin, le delta du Saloum, le bas Sénégal et la Casamance (cf figure 4), sont les plus basses du pays et les plus exposées à l'élévation du niveau marin.

LA FAÇADE MARITIME

Le milieu marin du Sénégal peut être subdivisé en trois grands ensembles : la côte, les îles et les estuaires :

- La côte du Sénégal se caractérise par trois types de milieux : la côte sableuse, la côte rocheuse et la côte vaseuse. Elle est parsemée d'îles (Gorée, de Ngor, de la Madeleine et l'île de Karabane)
- Les estuaires avec leur groupe d'îles

Dans les estuaires (fleuve Sénégal, delta du Sine Saloum et la Casamance), à la faveur des courants de marée, un écosystème particulier s'est mis en place : il s'agit de la mangrove.

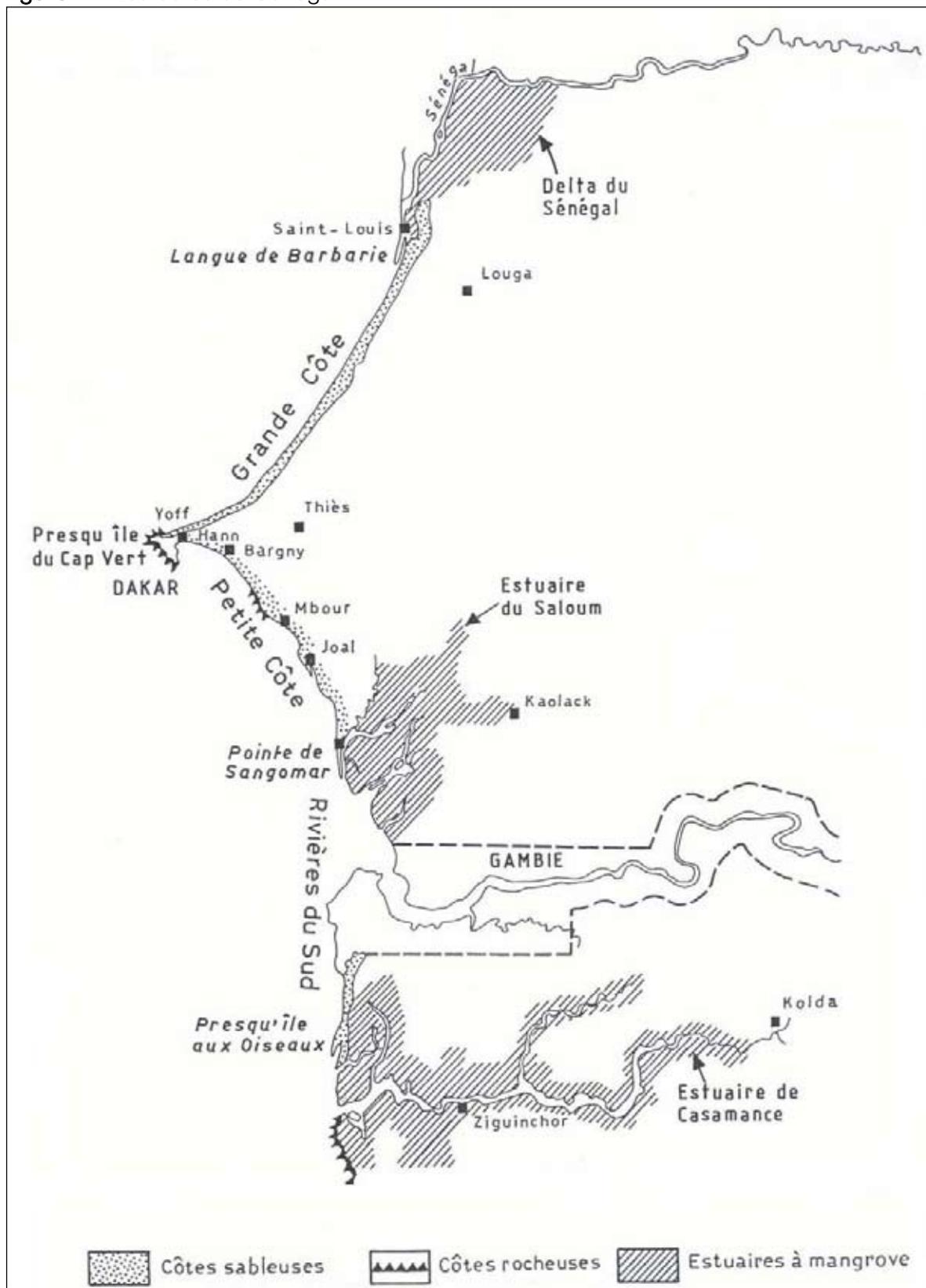
Ces milieux se caractérisent par des cours d'eau principaux et beaucoup de chenaux de marées anastomosés, qui ont favorisé l'atterrissement des alluvions et le développement d'une végétation luxuriante de palétuviers. La densité du chevelu hydrographique et la sédimentation progressive, remaniée régulièrement par la marée, ont permis le développement d'un réseau d'îles dont certaines sont habitées (cas du Saloum avec ses cordons dunaires végétalisés).

Parmi les points de faiblesse de notre côte, s'ajoutent les lacs et les lagunes de la frange littorale. En effet, par sa position géographique, sa géomorphologie et son hydrographie, le Sénégal compte beaucoup de zones humides qui se confondent à des écosystèmes emboîtés. Un bref inventaire nous permet de les classer comme suit :

- les plans d'eau libre permanents : lacs de Guiers, Tanma, Retba, Worouwaye, Ouyé, Malika, Mbeubeuss, Niayes de Pikine ;
- les plans d'eau temporaires : mares, cuvettes maraîchères ou de décantation, bassins de rétention ;
- les zones à nappe sub-affleurante : Niayes.
- les lagunes de la Petite Côte : il existe tout un système de lagunes entre Bargny et Joal-Fadiouth. Les plus significatives sont Somone, Mbaling, Mbodiène, Joal-Fadiouth, et Essoukoudiack.

Tous ces milieux d'une altitude très faible par rapport au niveau de la mer sont en contact quasi permanent avec elle.

Figure 4 : Les côtes du Sénégal



(d'après Sall, 1982)

LES FLECHES LITTORALES

Sur cette façade littorale, à l'entrée des estuaires et des lagunes, se sont développées des flèches littorales dont les plus connues sont au nombre de trois :

- la langue de Barbarie
- la flèche de Sangomar
- la flèche des îles kalissaye

Les moins importantes :

- embouchure de la Somone,
- celle de la lagune de Mbodiène,
- celle de Finio à Joal -Fadiouth

Elles sont toutes de direction dominante nord – sud. La plupart sont développées à partir d'une pointe rocheuse ou d'un amas coquilliers. (celle de Palmarin, à partir des collines de Niassam)

3. Morphologie de la flèche de Sangomar

a. La structure

En partant de la porte de Fata, qui marque la jonction entre l'océan et le marigot de Ndangane, jusqu'à la pointe de Sangomar, où le fleuve Saloum et celui du Diomboss se jettent à la mer, nous rencontrons une diversité de paysages (cf. figure 5)

Les principales unités sont de dimensions modestes, mais spécifiques : les tannes, les cordons, la mangrove, les cuvettes, l'eau de surface. A l'intérieur de chacune, il y a plusieurs sous-unités, offrant ainsi une diversité d'habitats et de ressources, gage d'une biodiversité variée.

Photo 2 :



Coupe schématique présentant les différentes sous-unités morphologiques traversées de l'océan au fleuve Saloum

Océan---estran sableux ou plage---cordon sableux ou littoral---lagune ou cuvette---sol dior ---tanne herbu ---tanne nu à efflorescence saline---tanne inondable---bolong---palétuviers---cordon dunaire ---palétuviers---fleuve Saloum.

DESCRIPTION DU LITTORAL DE PALMARIN

Il peut être subdivisé en quatre grands ensembles :

- De la Porte de Fata à la stèle de Sam Sam (limite nord du village de Ngallou): la dune littorale est constitué d'un bourrelet de sable de plage, qui sépare l'océan des tannes inondables ou à efflorescences salines. Sa hauteur est de 1 à 1.5m par rapport au niveau de la mer. Ce cordon est régulièrement traversé par les eaux de mer sous l'effet de la houle. La maigre pelouse qui couvre partiellement le versant droit est constituée d'une végétation rase de graminées. Parmi les arbustes, on trouve des *Conocarpus erectus* et des *Colotropis procera* entre autres. La principale activité qui s'y déroule, c'est la pêche à la senne de plage, le parcours et les enclos du bétail, et à proximité du village, le séchage du poisson.
- De Ngallou à l'ancien site du village de Diakhanor : du nord vers le sud, on observe trois gradients dans l'occupation :
 - o ceux qui sont installées sur le cordon littoral c'est aujourd'hui la zone des grands dangers comme l'illustrent les photos ci-après. Le retrait du trait de côte fait d'énormes dégâts sur toute infrastructure qui jouxte le littoral. C'est le cas dans le terroir de Ngallou (photo 1 l'érosion en face du campement abandonné de Sessène) (photo 2)
 -
 - o Puis il y a ceux qui ont aménagés à l'arrière immédiat du cordon, libérant la plage et lui permettant de faire librement son modelé.

Photo 3 :



- Ensuite, il y a ceux qui sont séparés de la mer par un cordon littoral et une cuvette de décantation : c'est le cas de Ngounoumane et de Diakhanor à présent. (Photo 4)

Photo 4 :



- De Diakhanor à Djiffère, le modelé est plat. Malgré un cordon littoral qui à des endroits a des hauteurs d'environ 2m, l'érosion côtière est très forte et fait un angle qui va en s'accroissant de l'ancien site de Diakhanor vers le sud et s'incurve dans l'ouverture de la brèche de Sangomar (photo 5).
- Enfin, il y a le bout sud de la flèche de Sangomar qui est renseigné par les cartes uniquement. Dans sa moitié nord elle subit l'érosion côtière, tandis que dans celle sud, il y a sédimentation (cf figure 4 et 12).

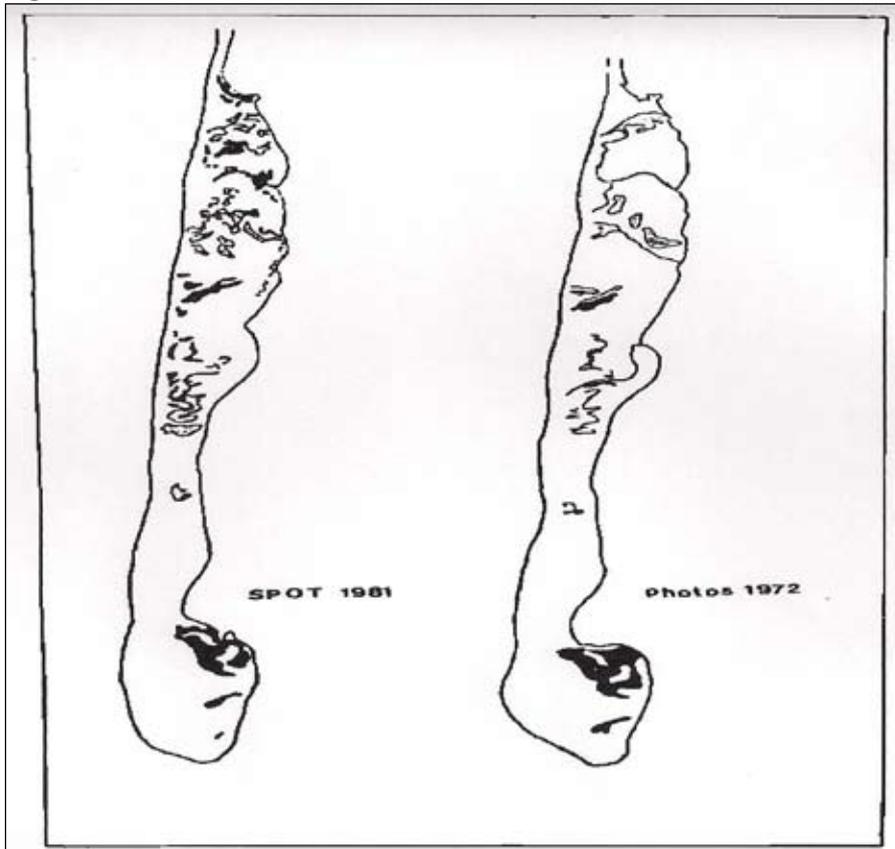
b. Les Phases de croissance

L'ex-flèche, longue de plus de 15 km, présente dorénavant deux parties dont une proximale moins large et directement rattachée à Djiffère en continuité vers le nord avec Diakhanor. Cette partie, à son bout terminal, délimite la première embouchure depuis la rupture de 1987 à l'ancienne bouche du fleuve très affectée par les phénomènes dynamiques internes du Saloum (environ 5 km). Tandis que la seconde partie (île de Sangomar 10 km environ) plus large marque le début de la grande embouchure à hauteur de Niodior.

Photo 5 :



Figure 5 : Dynamique d'évolution du sud de la flèche de Sangomar entre 1972 et 1981



(Thiam, 1986)

De façon générale, des flèches se détachent des longues plages rectilignes où la ligne de rivage tend à être perpendiculaire à la houle dominante. Elles ont souvent tendance à évoluer dans le sens de la dérive littorale et de favoriser le développement d'une lagune. La

position d'une flèche littorale n'est pas fixe, elle varie suivant le mouvement des stocks sédimentaires en son sein. Ainsi, la flèche de Sangomar a connu plusieurs phases de croissance de 1927 à 1987 (Cormier-Salem, 1999). Cependant si la progression d'une de ses extrémités rejoint une île ; elle acquiert la dénomination de Tombolo.

La mise en place de la flèche de Sangomar est en relation directe avec l'évolution des paramètres hydrodynamiques marins notamment l'installation des houles et des courants qui sont à l'origine de la dérive littorale (cf. figure 2). En effet, les courants induits par les houles sont des courants parallèles ou courants de dérive littorale, qui sont engendrés par une obliquité de la houle au rivage. La présence de tels courants dirigés globalement du Nord vers le Sud, explique l'origine des flèches littorales dont les périodes d'engraissement et de coupures sont liées aux conditions océanographiques, à la disponibilité des stocks sédimentaires et aux modalités d'action des agents dynamiques (courants et houles, cf. figure 6).

Figure 6 : Recul du trait de cote sur le littoral au sud de Dakar



(In Faye, 2010)

Du point de vue inter-temporel, on constate une nette augmentation de la vitesse de recul de la ligne de rivage du littoral :

Tableau 2 : Estimation du taux de recul du trait de côte sur 3 périodes

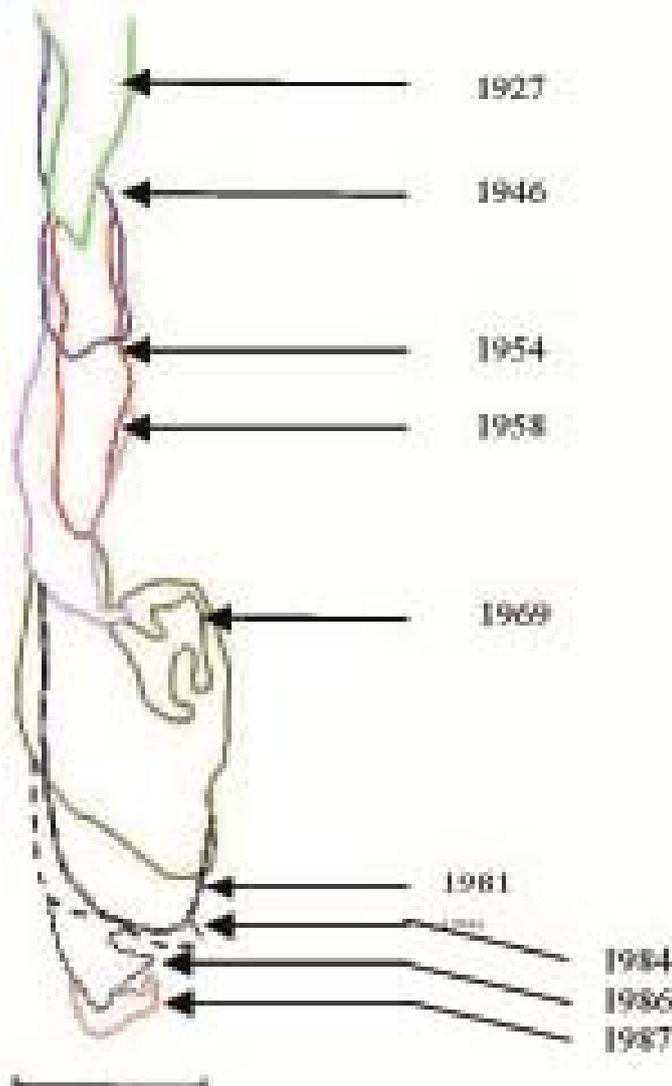
Période	Vitesse
1927 et 1954	-0,71 m/an
1954 à 1976	-0,95 m/an
1976 à 1997	-1,18 m/an

Source : A. Coly, 2010

Aussi, ce tableau nous permet-il de faire le constat suivant : fréquemment dans le passé, la flèche de Sangomar a connu des phénomènes de rupture qui sont consécutifs à l'importante action érosive liée à la forte incidence des houles du Sud-ouest, durant les périodes hivernales en provenance de l'Atlantique Sud, qui provoquent des orages, avec de fortes houles qui ont tendance à accentuer le retrait du trait de côte sur la façade océanique. Et les importantes précipitations liées à ces orages, augmente le volume d'eau et de sédiments à la sortie du Saloum et des bolongs adjacents en face de Djiffère, comme le montre la figure 3. C'est la conjonction de ces forces sur ce point qui ont entraînée la rupture de cette flèche. Ces différentes années de rupture et de reconstruction sont 1863-1927, 1927-1969 et 1969-1987.

La Pointe de Sangomar ne cesse d'évoluer depuis sa formation (cf. figure 4) en s'allongeant régulièrement par accolements successifs de crochets et en se rompant parfois. Le calcul de l'allongement de la flèche a été effectué d'après les photos aériennes de 1954, 1969 et 1989: de 1954 à 1969, l'allongement est de 100 m/an, il est de 75 m/an de 1969 à 1989 (Diarra, 1999).

Figure 7 : Différentes phases de croissance de la flèche de Sangomar de 1927 à 1987



Source : Diaw et al. 93 In Cormier-Salem, 2001

De nombreux auteurs ont essayé de calculer ou d'estimer la capacité de transport de ces courants (Barusseau, 1980 et Sall, 1982). Ces données montrent des taux de transports sédimentaires annuels limités entre 10500 et 300 000 m³.an⁻¹.

Mais récemment, une autre étude sur l'estimation de la direction du transit sédimentaire et des débits solides menée en 2000 par une équipe de l'IRD1 et du LERG2 fait apparaître un bilan résultant de 155 000 m³.an⁻¹ au niveau de la flèche de Sangomar (Diaw et al. 2000).

Toutefois, ces différentes phases de rupture et de reconstruction de la flèche de Sangomar se sont déroulées suivant des paramètres sédimentaires et océanographiques très distincts. D'ailleurs, les estimations sédimentaires livrent des vitesses de recul de la flèche de l'ordre de 59 m.an⁻¹ pour la période 1863-1927 et la période 1927-1969 est caractérisée par une vitesse d'érosion de 76 m.an⁻¹. Tandis que, la dernière période qui va de 1969-1989 soit une durée de 20 ans est caractérisée quant à elle par une vitesse moyenne d'érosion de 81 m.an⁻¹.

c. Les Phases de rupture : explications suivant la bathymétrie (figure 5)

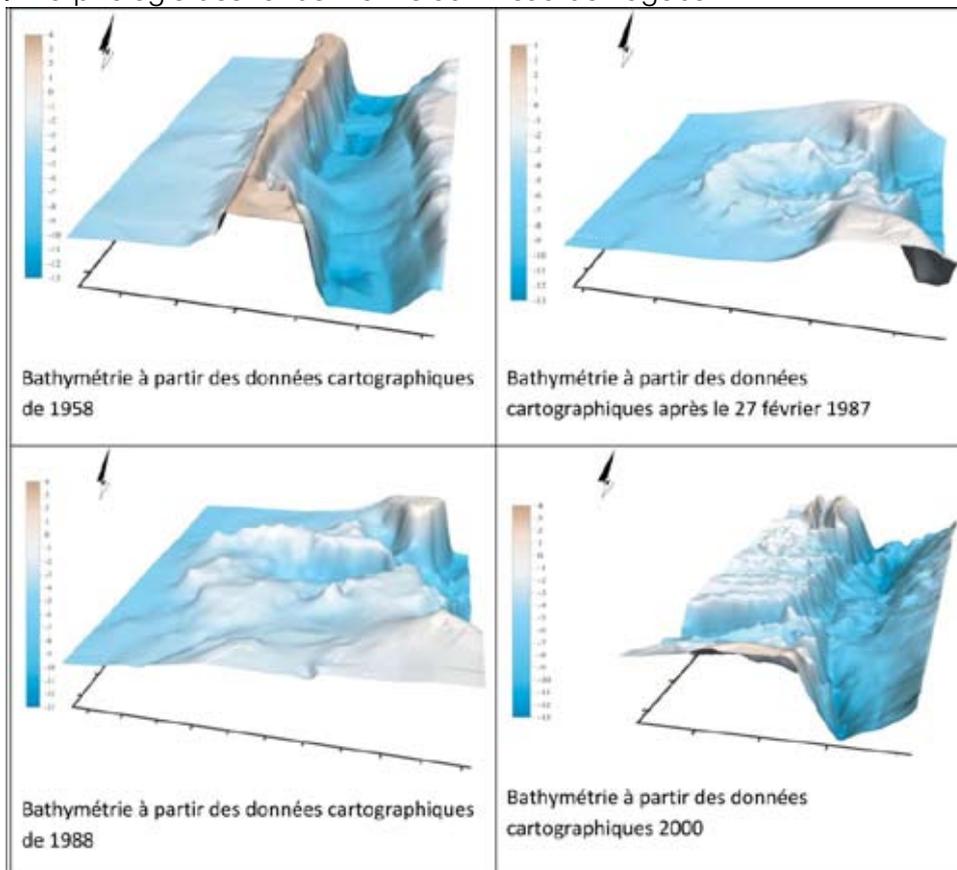
Le régime des houles subit d'importantes variations le long du littoral et plus précisément au niveau des écosystèmes de mangrove très marqués par des vagues d'énergie basse sous un régime spatialement homogène en eau profonde et des hauteurs de vagues considérablement variables (Cormier-Salem, 99).

La dissipation des houles au niveau du littoral est très affectée par la largeur et la pente du plateau continental. En effet, l'extension et la faiblesse des pentes font que les estrans sont très largement découverts en marée basse à cause du marnage important.

Bien que le façonnement du modelé des flèches et des cordons littoraux soit influencé par les variations des houles, les irrégularités bathymétriques à l'approche des avant-côtes sont à l'origine d'effets locaux qui vont intervenir plus ou moins dans ce processus, notamment la mise en place d'alternance de « couloirs » ou de « fenêtres » bathymétriques profonds et de hauts-fonds. Ces variations spatiales locales sont très marquées par l'érosion qui permet de distinguer dans le modelé des alternances de falaises plus ou moins vives, de cordons et de vasières de front de mer (Cormier-Salem, 99).

D'ailleurs, des travaux récents (2000) par des chercheurs de l'IRD ont pu, après la rupture de la flèche de Sangomar, montrer l'évolution bathymétrique principalement au niveau de Lagoba. La configuration et la succession des crêtes et des fonds ont contribué à l'accélération de l'élargissement de la brèche et au transit sédimentaire.

Figure 8 : Morphologie des fonds marins au niveau de Lagoba



Source : IRD, 2000

Cette cartographie des fonds marins à partir des données bathymétriques de 1958 décrit l'allure générale du chenal interne. Le profil du chenal montre « un polissage » parfait sans rupture morphologique majeure entre les différentes sections. Néanmoins, du côté de l'embouchure, les formes sont plus hétérogènes avec des aspérités plus marquées contre la façade océanique qui est plus homogène. Ceci est en faveur d'une meilleure canalisation de la circulation et de la forme du chenal d'embouchure (IRD, 2000).

Après la rupture de la flèche le 27 février 1987, l'observation des fonds montre de rapides modifications des formes au niveau de la brèche évoluant vers la mise d'un « surcreusement » d'orientation NE-SO à partir du versant interne de la flèche (du côté de l'embouchure). Et tout autour de cette zone érosive, la brèche s'élargit de l'extrémité distale de la flèche du Sud vers le Nord et sur l'île du Nord vers le Sud. Ce processus va s'accroître davantage comme le montrent les données bathymétriques de 1988 et de 2000. Et, de plus en plus, l'ouverture va s'agrandir et modifier progressivement les fonds par la redistribution des matériaux des bancs sableux de la nouvelle île et du lent déplacement de l'ouverture vers le Sud.

Par conséquent, les nouvelles formes des encoches au niveau des fonds marins s'alignent parallèlement à la direction NE-SO du chenal latéral de la brèche. Cette nouvelle direction de mise en place de la géomorphologie des fonds marins va beaucoup influencer le transit sédimentaire dans la zone d'embouchure. D'autre part, les données d'analyses, depuis 1987, montrent que la brèche s'est élargie à la vitesse de 312 m/an avec une régression au Sud de 66 m/an. La vitesse d'érosion au Nord est presque 4 fois plus importante qu'au Sud (246 m/an).

4. Océanographie

Le milieu marin est soumis à de réguliers changements aussi bien physiques, chimiques, que biologiques. Dans la mer, existent, deux grands types de mouvements :

- les courants, qui sont l'écoulement d'un liquide dans une direction donnée ;
- les ondes qui sont des oscillations périodiques avec une série régulière de crêtes et de creux.

Le régime des courants côtiers devant le Sénégal est assez complexe dans le détail, du fait de la variabilité des conditions météorologiques (Atlas du Sénégal, 1977). En effet, il existe plusieurs types de courants dont les principaux sont les courants océaniques et ceux côtiers.

a. Les courants océaniques

Venant du Nord, le courant froid des Canaries devient au large du Sénégal, courant nord équatorial Puis venant de l'Ouest, vers l'Est, le courant chaud équatorial devient le courant de Guinée en face du Sénégal.

La circulation des masses d'eau au voisinage et sur le plateau continental est influencée par la topographie de celui-ci et l'orientation de la côte (Rebert, 1977). La marée se manifeste par un abaissement et une élévation du niveau de la mer. Les courants de marée jouent un grand rôle dans le transfert des sédiments.

b. Les courants côtiers

Ils sont dus aux vents et aux vagues et sont principalement de deux types :

- les upwellings côtiers : C'est une eau profonde et froide remontée en surface. Elle est très riche en sels nutritifs qui favorisent une concentration de poissons.
- la dérive littorale est une houle oblique par rapport à la côte qui crée un courant parallèle au rivage. Le sable est ainsi transporté le long de la côte. La houle est un système de vagues plus ou moins régulier. Sur la côte sénégalaise, particulièrement au sud de Dakar, la houle a deux directions principales :
 - o la direction Nord-nord Ouest qui se manifeste durant toute l'année
 - o la direction Sud-sud Est qui ne se manifeste que pendant la saison des pluies.

Les mouvements successifs de la dérive littorale contribuent alternativement à l'érosion et au colmatage des estuaires et lagunes et entraînent sur le littoral des apports tantôt sableux tantôt vaseux. C'est elle qui structure les cordons littoraux

c. Les masses d'eau

Rosignol & Aboussouan (1965), ont mis en évidence 3 catégories d'eau pour la frange sénégalienne :

- Les eaux chaudes et salées ou eaux tropicales
 - Les eaux froides et salées ou eaux canariennes
 - Les eaux guinéennes, chaudes et dessalées.
-
- La période allant de janvier à avril est marquée par un upwelling important provoqué par la persistance des Alizés. C'est la période de forte érosion sur le littoral de Palmarin et redouté par la population et surtout les pêcheurs en mer.
 - Les mois de mai et juin sont caractérisés par l'atténuation de ces vents.
 - Juillet et août sont des mois d'extension maximale des eaux tropicales chaudes et salées. C'est aussi une période très redoutée. Elle s'accompagne d'une recrudescence de l'érosion avec la montée des eaux et les écoulements de la terre vers la mer.
 - En septembre, octobre et novembre, on assiste à l'invasion des eaux libériennes chaudes et peu salées ($T=28^{\circ}\text{C}$; $S= 33$ à 35 ‰) ;
 - Le refroidissement, dû à la reprise des vents, commence d'abord dans le Nord en novembre et décembre.

Les variations saisonnières des masses d'eau sont directement reliées aux forces qui engendrent les principaux courants c'est-à-dire le système des deux anticyclones des Açores et de Sainte Hélène.

d. La température et la salinité des eaux (T°C)

La température des courants marins

La température est un paramètre nécessaire à la connaissance des masses d'eau. Elle permet de déterminer les courants et la valeur de saturation des gaz dissous.

La salinité (en ‰)

Le caractère fondamental de l'eau de mer est la salinité. Elle permet d'identifier et de suivre les masses d'eau d'origines différentes. La salinité moyenne générale mondiale de l'eau de mer est de 34.72‰. e)

Les marées

Elles sont de type semi-diurne avec un marnage moyen de 1m et 1,6m en période de vives eaux ;

Les courants

Au large de Palmarin, de novembre à mai, le courant dominant est de direction nord-ouest -- sud-est et nord sud. Toutes les flèches littorales lui sont tributaires. Sous le courant de surface, un contre courant équatorial entraînant d'importantes remontées d'eau profondes froides (phénomène d'upwelling). La température varie entre 18 et 19°C et la salinité est voisine de 35‰.

De fin mai à août, le plateau continental en face de Palmarin est envahi par les eaux tropicales chaudes et salées. La température oscille entre 27 et 28°C et la salinité est voisine de 35,7‰ (Masse, 1968 et Domain, 1976, cité par UNESCO, 1992). D'août à décembre, les eaux sont dessalées dans le Saloum et sur sa façade.

5. Anémométrie ou régime des vents

Cette région appartient au domaine Soudanien atlantique. Sa spécificité réside dans l'alternance entre l'alizé maritime et la mousson sur la côte (Leroux et Sagna, 2000). De par sa position sur le littoral, la zone d'étude ouverte, subit des influences océaniques en raison de son relief plat. Quatre champs de pression déterminent la circulation des vents au sol dans cette région :

- deux systèmes maritimes permanents, les anticyclones de Ste Hélène et des Açores,
- deux systèmes continentaux saisonniers, l'anticyclone de Libye et la dépression saharienne.

Ce vent est composé de trois courants principaux dans l'année (l'alizé, l'harmattan et la mousson).

Pour caractériser le régime des vents, deux stations climatiques ont fait l'objet de notre attention : Mbour (à partir de 1977 à 2000) et Banjul (1961 1990). Les paramètres retenus sont la vitesse et la direction),

Il a fallu d'abord élaborer une grille de vitesse qui va de 0 à >4m/s (0-1.5; 1.5-2; 2-3; 3-4; >4) (Diop E.S, 1986), puis répartir les vitesses obtenues, en fonction des indices de la grille. Ceci a permis d'établir une distribution mensuelle de la direction et de la vitesse des vents au cours des décennies. Sur les tableaux décennaux, on retrouve la moyenne mensuelle de la vitesse des vents. C'est la synthèse de ces tableaux qui sont présentés ci-après.

a. Une situation aérologique très variable

Ces tableaux (n°1 et 2) permettent de relever le contour de trois sources de la direction des vents. Il s'agit en premier, du quadrant N, NE et E (alizé continental), qui est suivi de celui du SW, W et NW (alizé maritime et mousson) et enfin du quadrant SE et S qui fait son apparition (mousson et alizé continental).

Au cours des 30 ans, la fréquence de la direction des vents à Kaolack, montre deux grandes périodes. La première va de novembre à avril et la seconde de mai à octobre. Au niveau du quadrant, il n'y a pas de vent issu du sud. Le quadrant N et NE, malgré sa faible fréquence est présent 8 mois /12. Le quadrant le plus animé est celui du SW environ 80% des vents, alors que le vent d'ouest (W) l'emporte légèrement sur celui du SW. Kaolack est balayé par des vents d'alizé continental et de mousson. A Kaolack, les vents sont moyens à forts. Ils proviennent essentiellement du quadrant N et NE et de celui W à SW, avec une prédominance de ceux d'ouest (W).

Tableau 3: Normale mensuelle de la direction des vents entre 1961 et 1990 (en %)

1) à Mbour (1977)

%	Jan	Fév	M	Av	Mai	Ju	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
NE	43	30	30	20	3					7	27	40
E	27	27	7								23	33
SE		13	3	7	3	3	3	3	13		7	7
S									3			
SW	3	10	3	17	10	17	20	30	23	20	20	
W	3	7	17	27	50	57	53	57	37	53	20	13
NW	23	10	30	23	33	23	23	10	23	20	3	7
N		3	10	7								

2) à Banjul

%	Jan	Fév	M	Av	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
NE	50	40	27	23	7	17	7	10	3	10	50	37
E	37	23	30	20	30	17	33	37	27	33	33	33
SE				3	7	13	3	3	13	7	7	
S		3	3	7		7	10	7	3	3	3	
SW	3	7	3	3	7	3	10	13	10	7	3	3
W		3	10	7	13	17	20	17	13	17		3
NW	3	7	7	13	13	10	7	3	10	10	10	7
N	7	17	20	23	23	17	10	10	20	13	10	17

D'un point de vue générale, la vitesse des vents baisse du sud vers le nord. Au cours de l'année, on note un phénomène cyclique dans la vitesse des vents. Une période de vents faibles à moyens, va de juillet à décembre et celle de vents moyens à très forts soufflent de janvier à juin.

Tableau 4 : Normale mensuelle de la vitesse des vents entre 1961 à 1990

a) à Mbour(1977)

m/s %	Jan	Fév	M	Avl	M	Ju	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0 - 1,5										3		
1,5 - 2					3					3		
2 à 3	3	3	13	7	3	10	7	10	13	47	20	27
3 à 4	37	33	20	30	20	3	17	30	60	37	67	35
> 4m/s	60	63	67	63	73	87	77	60	27	10	13	37

b) à Banjul

m/s %	Jan	Fév	M	Av	Mai	Ju	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
0 - 1,5								3			3	
1,5 - 2	7	3	3	7	7				7	10	13	7
2 à 3	13	13	23	17	17	20	20	10	27	27	33	17
3 à 4	43	37	37	30	33	30	13	37	20	37	20	43
>4	37	47	37	47	43	50	67	50	47	27	30	33

Le phénomène nouveau est celui de l'individualisation des vents de direction sud (S) et ouest (W), qui soufflent durant toute l'année, surtout ces vents de direction W que l'on rencontre aussi bien à Mbour, Kaolack que Banjul.

Mbour présente une même structure de la direction des vents au cours des mois. Tandis que Banjul paraît être sous l'emprise d'un vent régulier qui est de direction NE. L'autre particularité qui ressort de la lecture de ces tableaux des différentes décades, c'est l'existence à Banjul de vents multi-directionnels.

En étudiant de près les températures, on se rend compte que chaque station est un cas spécifique et que l'on peut retenir de cette analyse des données de température que celle-ci est sujette à la position de la station en latitude et en longitude. En effet, Mbour de sa position extrême Nord, est sous influence dans sa partie continentale des facteurs régissant le climat saharo-sahélien (35 à 45°C) (alizé continental) et dans sa position littorale, bénéficie du rôle thermorégulateur de la masse océanique qui lui fournit les basses températures (8 à 15°C) (alizé maritime), d'où les fortes amplitudes thermiques (27 à 30°C).

Alors que Banjul plus au sud sur le littoral, bénéficie des influences de la masse océanique, du fleuve et du delta ainsi que de sa position favorable en latitude et longitude. C'est l'ensemble de ces facteurs qui lui confèrent de faibles amplitudes thermiques (13°C) (minimum 17 à 20°C et maximum 30 à 33°C).

D'un point de vue général, la vitesse des vents baisse du sud vers le nord. Par ailleurs, au cours de l'année, on note un phénomène cyclique dans la vitesse des vents. Une période de vents faibles à moyens qui va de juillet à décembre et celle de vents moyens forts à très forts qui soufflent de janvier à juin.

b. Un important transit sédimentaire

Sur le littoral de Palmarin, on observe une intense érosion côtière. Cependant, c'est au niveau de la coupure de la flèche que le transit sédimentaire est bien perçu. En effet, à la hauteur du village de Djiffère, on observe sur la partie du côté de l'océan une importante érosion qui après les maisons, est en train de s'en prendre à la seule piste de liaison avec le reste du pays. Une bonne partie des dépôts sont du côté du fleuve Saloum, où l'on observe une extension de la plage du hameau. Sur la rive gauche aussi, en face de l'ouverture, il a des dépôts de sable et légèrement au sud, le développement d'une flèche distale, qui rend maintenant le village de Dionwar difficile d'accès.

2.3 GEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE ET SOLS

1. Occupation de l'espace littoral

a. Ancienneté de l'occupation

Le littoral est diversement défini (ligne ou espace). Il demeure un milieu de topographie bien affirmé, aux caractéristiques biogéographiques typiques (Kane, 1992). La population a pendant longtemps pratiqué une économie de cueillette dans un environnement bipartite (la mer et le continent). Du fait de l'importante activité biologique qui s'y déroule, le littoral est une zone de très forte productivité. Les amas coquilliers présents en face du village de Ngallou, témoignent de l'ancienneté de l'occupation, par leurs dimensions. Ils témoignent d'une intense activité de collecte, dans le cadre d'une économie de subsistance et de troc.

b. Structure sociale

La société palmarinoise ne repose pas sur des castes ; elle est basée sur des organisations familiales ou lignages matrilineaires. Tout s'organise autour de la famille maternelle : mariage, baptême, funérailles, système de tenure des champs et des troupeaux. Les décisions se prennent autour du patriarche qui est le plus ancien de la famille maternelle. A sa mort, ses héritiers ne sont pas ses fils, mais ses neveux maternels. Cette organisation sociale était le fruit d'une tradition ancestrale où l'unité familiale de production comprenait : un patriarche, ses frères, ses neveux, ses sœurs et ses nièces. Les richesses acquises par cette unité se transmettent d'oncle à neveux.

Sept familles maternelles se distinguent à Palmarin : sooss, siwagna, dian diani, yokam, fuma, diakhanora, fata fata. Ces familles ont des correspondants dans les autres villages sérères. Toute personne vivant à Palmarin doit intégrer une de ces familles. La solidarité agissante s'organise autour de ces familles surtout à l'occasion des funérailles.

c. Diversité ethnique

Les premiers habitants sont des Sérères qui restent l'ethnie fortement majoritaire dans tous les villages. Il existe d'autres groupes ethniques à Palmarin. Les Peuhls et les Diolas sont arrivés depuis très longtemps. La migration wolof et lébou est récente, surtout avec le développement du commerce à Djiffère et de la pêche à Ngallou vers 1995. Djiffère est un hameau cosmopolite où se retrouvent les différentes ethnies sénégalaises qui côtoient des étrangers : Ghanéens, Guinéens, Maliens, Gambiens etc.

2. Aménagements côtiers présents

Les principaux sont constitués des habitats, des équipements communautaires et des infrastructures sociales dans les différents villages. A côté du nouveau quai de pêche qui a été aménagé en remplacement de celui de Djiffère emporté par le raz de marée et par une érosion intense, on peut citer les différents campements touristiques et les résidences.

- **Habitats**

Dans les cinq villages et le hameau de Djiffère, l'habitat est aujourd'hui dominé par le béton (poteaux) et les briques en dure (fer et ciment). Pour la toiture, les tuiles sont encore très présentes, mais la terrasse progresse sérieusement car, il y a des tentatives déjà pour des maisons à étage, surtout au niveau des réceptifs hôteliers.

- **Infrastructures et équipements**

Il s'agit principalement des réseaux d'adduction d'eau, d'électricité, de la maison communautaire, de celle de l'écotourisme, du poste de commandement de la RNC et de celui de contrôle des pêches. On peut également citer le quai traditionnel de Djiffère, qui est un débarcadère pour les voyageurs et de mise à terre et de ravitaillement pour les pêcheurs et les mareyeurs. La station d'essence, l'atelier de réparation des moteurs hors-bords et ceux des charpentiers, ne sont pas en reste. A cela, il faut ajouter les aires de stationnement des véhicules, les lieux de fumage, de salage et de séchage de poissons et fruits de mer.

- **Le nouveau quai de pêche**

Le nouveau quai de pêche de Palmarin Diakhanor, aménagé sur 30ha, a été construit en 2006 et fonctionne depuis 2007. Il doit permettre d'améliorer le travail des acteurs de la pêche, une meilleure conservation des produits comme le souhaite l'Union Européenne, principale partenaire du Sénégal.

- **Les établissements scolaires**

Ils sont au nombre de huit (08) pour l'élémentaire, deux (02) pour les collèges d'enseignement moyen secondaire et trois (03) cases des tous petits

- **Lieux de cultes**

Ils sont de trois types et dans tous les villages et hameau : traditionnel, chrétien et musulman

Le religieux occupe une place sociale forte qui se reflète par le nombre très élevé de sites cultuels dont des arbres, des bois et des puits.

Tableau 5 : Un exemple de bois sacré dans un village, les tenants du culte et le mode d'accès

Bois sacrés	Prêtres ou prêtre	Lignée maternelle	Distance rapport Diakhanor par à	Accessibilité
Taapé Faye	Dibor N'Diaye, Maadan Koumba	Fuma	500m	Pieds, charrette, voiture
Tchongane	Fata Marie	Diakhanora	600m	Pieds, charrette, voiture
Sahir dioh	Tening Gniambo	Fuma	600m	Pieds, charrette, voiture
Dado fa Mody	Kouleye Maï	Soos	1km	Pieds, charette
Fassoum	Marie Fatou Sarr	Yokam	1,5km	Pieds, charrette

- **Tourisme, Loisirs et Sport**

La zone de Palmarin constitue le prolongement de la Petite Côte avec d'énormes potentialités touristiques notamment la proximité de l'océan atlantique et la présence d'un écosystème riche en biodiversité (mangrove, oiseaux, poissons, tortues...). A ce jour, on y rencontre 19 résidences habitées, 15 campements dont un (01) de 4 étoiles. Dans la zone de Djiffère, on compte 7 résidences et 4 campements. Il y a une forte convoitise du foncier malgré les menaces de la mer.

Les principales contraintes à l'essor du tourisme sont liées à l'accès difficile aux réceptifs à cause de l'état très dégradé de la piste, de l'insuffisance de la promotion et de l'absence d'un personnel local qualifié.

Les loisirs les plus partagés en cette période hivernale sont la discothèque, le sport (les navétanes) et la baignade. Dans chaque village, il y a un à plusieurs lieux de danse. Les femmes ont d'autre part leurs aires et leurs moments de fêtes et de danse. Les villages ont des places publiques et les quartiers plusieurs places de palabre.

Au niveau sportif, chaque village a son terrain de foot et une arène de lutte. La lutte traditionnelle est un sport très prisé à Palmarin. Elle focalise l'intérêt de toutes les classes d'âge : enfants, adolescents, adultes, vieillards. Elle fait l'objet d'âpres discussions dans les places publiques, au coin des rues, à la plage et au champ.

Les voies de communication

La piste latéritique est la principale voie d'entrée et de sortie de Palmarin. Construite entre 1978 et 1979, elle est aujourd'hui dans un état défectueux. La ligne téléphonique ne couvre que les villages de Ngounoumane, de Ngueth, le Royal Lodge et Djiffère. La voiture reste le premier moyen de transport. Chaque jour, elle relie Palmarin aux principales villes que sont Joal, Mbour et Dakar.

2.4 ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES ET CULTURELS EN COURS

En se basant sur le scénario du pire (Kaly, 2008) pour les prochaines années, sur l'Afrique de l'Ouest en général et le Sénégal en particulier, avec comme premier site menacé Palmarin, les hypothèses suivantes sont envisagées :

- des augmentations des températures moyennes de surface jusqu'à 0,5° par décennie, avec une évapotranspiration accrue ;
- une variabilité et une intensité accrues de la pluviométrie provoquant des augmentations du ruissellement continental et du transport des sédiments, mais une prévisibilité moindre de la périodicité de la pluviométrie ;
- une hausse du niveau de la mer accélérée d'environ 1 m par siècle, provoquant une accélération de l'érosion côtière et un bouleversement des écosystèmes marins côtiers ;
- une réduction de la remontée d'eau côtière entraînant un affaiblissement de l'anticyclone des Açores et des alizés, exacerbé par la perturbation des panaches d'eau douce d'origine continentale.

Le risque est réel car, de la porte de Fata à la Pointe de Sangomar, la presqu'île de Palmarin est déjà scindée en deux par la rupture au niveau de Djiffère. Actuellement, nous avons la flèche de Sangomar qui est constituée de deux îles. La première et la plus grande est habitée et la seconde pas du tout. Leur substratum est constitué du sable meuble, déposé par les courants marins à la suite des différentes phases climatiques, que nous avons tenté de décrire précédemment. Ces sables seraient alors arrachés et engloutis progressivement, étendant l'océan de plus en plus sur le continent, forçant la population de Palmarin et des îles à s'établir au-delà du village de Samba Dia.

Ce sera alors tout un patrimoine culturel, historique et social qui serait anéanti. Poussé à l'exil, la population perdrait sa fierté, son sol, son appartenance, ses institutions, ses lieux de culte et tout un capital immatériel, impossible à évaluer (cadre social, institutionnel et gouvernance, vestiges historiques, etc.)

1. Les activités économiques

Les différentes activités socioéconomiques qu'on note dans la zone peuvent être regroupées en trois secteurs. Chacun étant fondé sur un capital (ressource) naturel, procure des retombées financières. La durée et l'intensité de l'exploitation procure donc à la partie prenante un capital financier qui est réinvesti dans plusieurs autres actifs. Cette valeur financière que nous ne pouvons pas estimer ici, sera perdue avec la disparition de la presqu'île, causant ainsi, beaucoup de dommage pour la population qui en vit. Ci-après, nous allons présenter les principales menaces auxquelles sont sujettes les différents secteurs de la vie économique locale.

a. Secteur primaire

L'agriculture

L'agriculture dans cette zone est de type extensif et pluvial. Les principales spéculations sont l'arachide, le mil et le riz. Elle est aujourd'hui confrontée à une baisse des rendements consécutive à l'appauvrissement des sols, à l'intrusion saline et à la baisse des superficies cultivables. C'est le cas à Diakhanor où les terres de culture sont affectées maintenant à l'habitat à la suite du raz de marée de 1987.

La pêche

Elle occupe environ 30% de la population pour une flotte artisanale estimée à 600 pirogues équipées. Avec le déclin de l'agriculture, la proximité de l'Océan Atlantique et des bras de mer du Saloum, la pêche est de plus en plus prisée dans cette zone avec une moyenne annuelle de 3600 tonnes et des recettes de l'ordre de 100 millions de francs. Cette activité est cependant soumise à l'inorganisation des différents acteurs, au déficit en infrastructures et équipements et à la raréfaction de la ressource ichtyologique. Le hameau de Djiffère et son nouveau quai de Kad Diakhanor sont le up (pôle) économique de la CR de Palmarin. Déjà secoué par la rupture de la flèche et la destruction de l'ancien quai, Djiffère a perdu une bonne partie des pêcheurs, qui préfèrent s'installer dans d'autres ports moins sensibles. Djiffère a perdu aussi en investissement, car personne ne veut risquer de nouvelles infrastructures qui vont être emportée par les eaux. Les processus hydrodynamiques ont également conduit à la destruction de la mangrove, c'est le cas de la pointe à mangrove en face de Djiffère sur la rive droite du Saloum. Des habitats ont été détruits sous l'effet de l'érosion ou de la sédimentation. Même si d'autre sont mis en place du côté de l'océan du fait du retrait du trait de côte.

L'élevage

Pourtant marginalisé par le système d'occupation de l'espace, l'élevage constitue la troisième activité économique de cette localité avec 33% de la population active. Il est de type traditionnel et est plus pratiqué pour son utilité dans les travaux champêtres que pour sa valeur économique. Le cheptel est ainsi composé : bovins (17%), ovins (9%), caprins (10%), volaille (45%), équins (5%), porcins (10%), asins (4%). Les principales contraintes rencontrées sont dues au déficit de fourrage, à la raréfaction des points d'eau naturels et à un environnement sanitaire précaire. Le lait de vache est une denrée essentielle dans l'alimentation, les libations et les offrandes de cette communauté. Dans ce contexte, la menace qui pèse sur l'élevage, c'est que les terres de pâturages se rétrécissent surtout en hivernage. Sur le cordon littoral, les Avecennia qui servaient pour une bonne partie à la cure salée sont emportées par les eaux. Certaines cuvettes de décantation qui pouvaient garder de l'eau douce pendant une bonne partie de l'année et une herbe fraîche sont comblées par les sables ou envahies par l'eaux de mer.

b. Le secteur secondaire

Extraction du sel

Activité essentiellement féminine, l'exploitation du sel est facilitée par le bras de mer du Saloum qui renferme une très forte teneur en sel pendant toute la saison sèche. Il est toutefois difficile d'estimer les quantités exploitées et les retombées économiques, qui ne sont pas négligeables. Les principaux axes de commercialisation sont la Gambie et la Casamance à l'aide de pirogues. La menace ici c'est l'envahissement des puits par les eaux salées. Cette permanence de la nappe salée, pousse la population à déplacer les puits de sel vers les tannes. Il est prévu à un endroit de renforcer le reboisement de palétuviers, afin d'arrêter la remontée des eaux sales vers les puits de sel.

c. Le secteur tertiaire

Il concerne essentiellement le tourisme. La zone de Palmarin constitue le prolongement de la Petite Côte avec d'énormes potentialités touristiques notamment la proximité de l'océan atlantique et la présence d'un écosystème riche en biodiversité (mangrove, oiseaux, poissons, tortues...). Il occupe une place de plus en plus importante dans l'économie de la Communauté Rurale.

Les facteurs du développement du tourisme sont nombreux :

- Palmarin dispose de plus de vingt kilomètres de façade côtière avec des belles plages sablonneuses très faciles d'accès :
- seulement 150 km sépare Palmarin de Dakar.
- Les richesses culturelles de la localité : chants, danses, musiques, lutte traditionnelle
- La richesse de la faune et de la flore a favorisée la création de la Réserve Naturelle Communautaire de Palmarin (R.N.C.P.) en 2001
- Une diversité des structures d'accueil pour toutes les bourses. On en dénombre une dizaine

Le tourisme crée des emplois. A ce jour, on y rencontre 19 résidences habitées, 15 campements dont un (01) de 4 étoiles. Dans la zone de Djiffère, on compte 7 résidences et 4 campements. Il y a une forte convoitise du foncier malgré les menaces de la mer. Financièrement, les retombées sont énormes, aussi bien pour les opérateurs que pour la population locale.

L'écotourisme rapporte de plus en plus d'argent à cause de toutes les activités d'information, de sensibilisation, de protection et de restauration de l'environnement. L'accès à la RNC et les visites guidées, procurent des revenus aux acteurs. Les retombées sont partagées entre le trésor public, la communauté rurale, le service des parcs nationaux et les éco-guides.

Dans ce secteur, la principale menace c'est la perte des plages et du foncier. Certains réceptifs dont les aménagements étaient très osés sont fermés (campements Sessène et Mangrove) et d'autres ont été délocalisés (Djiffère)

d. Les autres activités et services

Entre autres activités, nous pouvons citer la cueillette des fruits et la récolte du vin de palme. La diversité de la flore a permis une importante activité de cueillette. Les fruits qui constituent l'enjeu majeur sont les pains de singe et les ditakh (*Detarium senegalensis*) si bien que les gens s'adonnent à la cueillette prématurée. Les offres de biens et services ne sont pas à négliger dans ce cadre. On peut citer :

- **Le transport, administration et communication**

Par terre (voiture) et par mer (pirogue), la flèche de Sangomar rapproche les habitants des îles du Saloum (Dionwar, Niodior, Bétenti, etc.) des autres villes. C'est la principale porte de sortie des îles de cette partie ouest, avec celle de Ndangane (Fimela). Parmi les services, il y a l'information, les échanges physiques, la communication, l'administration et la presse.

- **Le commerce et les services**

Dans les villages, il est dominé par le commerce de détails des boutiques, des marchés quotidiens, de quelques quincailleries et des débits de boissons. A Djiffère, la taille des commerces est plus importante de même que la diversification des produits. C'est là aussi, où il y a la gare routière de toute cette contrée. La menace porte principalement sur la route.

Du point de vue poids financier, les mareyeurs dominent ce hameau. Ils sont les grands acheteurs et revendeurs du poisson débarqué par une importante flottille de pêche. La dynamique des échanges y est intense.

2. Exposition aux menaces

a. La population

D'un point de vue général, c'est toute la population de la CR de Palmarin et même les simples voyageurs ou visiteurs. C'est donc une population estimée à 10 245 habitants. Les villages les plus exposés sont Sam Sam et Sessène (Ngallou), dont certaines maisons sont déjà abandonnées. Selon les témoignages, la place à palabre, une aire de repos des grandes personnes en face de la mer, ont été déjà déplacés environ quatre (04) fois depuis 1960. Une maison construite en 1973 à plus de 100m de la plage est aujourd'hui abandonnée (Ngallou).

Tableau 6 : Evolution démographique : Source : Recensements administratifs de 1999, 2003, 2004-2005

	1998	1999	2003	2004-2005
Sam Sam		1378	2150	1664
Sessène	1912	811	936	1033
Nguethe	624	885	770	790
Ngounoumane	1621	1800	1514	1339
Diakhanor	416	1825 (Diakhanor-Djiffère)	482	526
Djiffère	439		3123	4912
Total	5012	6699	8975	10254

Si pour Ngallou, c'est une partie du village qui est exposée au premier degré, à Djiffère c'est tout le hameau. C'est ici que la population a le plus subi les effets de l'érosion côtière. Toutes les cuvettes de décantation sont remplies régulièrement par la marée et la route dénudée, est sérieusement rongée par la mer.

b. Le bâti et les investissements

Parmi les préjudices, il faut compter tous ces investissements pour l'habitat et les activités génératrices de revenus, les lieux de cultes, de loisirs, de l'administration et du tourisme. Nous avons le petit exemple de la délocalisation de Diakhanor, dont le coût du relogement s'est révélé trois (03) fois supérieur à l'investissement initial estimé à 288 000Fcfa/logement en moyenne sur l'ancien site.

c. Le foncier

Pour une société en pleine urbanisation, le foncier prend de plus en plus de la valeur, surtout dans les zones touristiques comme dans cette communauté rurale. Malgré la précarité du site, sa valeur foncière est très élevée auprès des spéculateurs, où l'aspect ludique l'emporte de très loin.

d. Les écosystèmes irremplaçables

Une autre population qui pourrait être impactée est celle des animaux vivants dans leurs dernières aires de survie comme le cas des hyènes tachetées de la RNC de Palmarin. N'oublions pas que sa présence est un très bon indicateur sur la qualité du milieu et qu'elle sert d'indicateur aussi quand à l'ampleur des risques et catastrophes. Elle est la première à partir en cas de grand danger (Tsunami).

Forêt subguinéenne

Après les Niayes, la seule relique de forêt subguinéenne du nord Sénégal est rencontrée dans cette communauté rurale (au nord). Sa disparition ferait subir un préjudice écologique énorme au pays et aux générations futures.

Sites d'alimentation et de repos des oiseaux migrateurs

Les vastes étendues de tannes inondables, les cuvettes de décantation, la végétation terrestre et des palétuviers, offrent une importante nourriture à la faune aviaire des migrateurs paléarctiques et transafricaines et des lieux de repos. La gestion de la RNC de Palmarin, interdit la chasse. Un circuit est tracé pour les visites guidées et la coupe de bois est interdite. N'étant pas chassé ni dérangée, la faune aviaire dispose dans cet endroit un cadre de repos et de préparation des forces sur leurs routes de migrations.

Faune terrestre

Elle est relativement diversifiée (hyène, chacals, serpents, singe vert, varans, mangouste, etc. Cette population sera perdue si l'érosion s'exacerbe. Celle d'hyène est endémique dans la zone.

Zones de nurserie et de frayère

La mangrove et les étages médiaux littoraux offrent un cadre idéal de ponte, de nurserie et de frayère pour une diversité de juvéniles de poissons et de crustacés. L'envahissement par la mer et les battements réguliers de la houle et des vagues va détruire tous ces habitats et ces lieux de pontes, poussant la faune ichthyologique à migrer vers d'autres lieux plus calmes.

Pour estimer les pertes potentielles, la partie qui suit nous ouvre une fenêtre sur un cas réel.

2.5 ÉVALUATION DES PERTES SOCIO ECONOMIQUES ET CULTURELLES : LE CAS DU VILLAGE DE DIAKHANOR

Le présent chapitre se fixe comme objectif d'évaluer les pertes socio-économiques et culturelles encourues par les populations du village de Palmarin Diakhanor, lors des perturbations de raz de marée qui se sont produites sur l'ancien site. Avant de passer à l'évaluation monétaire de ces pertes, une analyse socioéconomique et environnementale est nécessaire.

Nous procéderons parallèlement à l'approche écosystémique où tous les biens y compris les équipements tels les bâtiments et autres infrastructures et services, sont perçus comme étant des composantes de l'écosystème. Dans ce cas de figure, au regard des économistes néoclassiques qui distinguent le capital produit du capital naturel, nous épouserons la même distinction des capitaux dans cette évaluation des pertes.

Nous partons d'une classification retenue par la Banque Mondiale dans l'ouvrage « d'où vient la richesse de nations » : pour définir :

- le capital produit comme étant l'ensemble des machines, des infrastructures et des terres urbaines ;
- le capital naturel comme ressources en énergie (pétrole, gaz naturel, charbon, lignite), ressources minérales, ressources en bois et ressources forestières.

1. Les pertes économiques

Nous distinguons le patrimoine immobilier tel que les habitats de logement et les infrastructures publiques qui ont des coûts lors de leur établissement ainsi que des biens perdus en provisions et en bétail. S'agissant des autres pertes économiques, il sera aussi important d'évaluer les revenus économiques à travers des cessations d'activité, pourvu que le phénomène de raz de marée soit la principale cause.

Une enquête auprès des ménages sinistrés a permis, à cet égard, de capitaliser le patrimoine en habitat, en équipements, en provisions, en bétail ainsi que les revenus perdus pendant le phénomène de raz de marée de 1987 à Diakhanor.

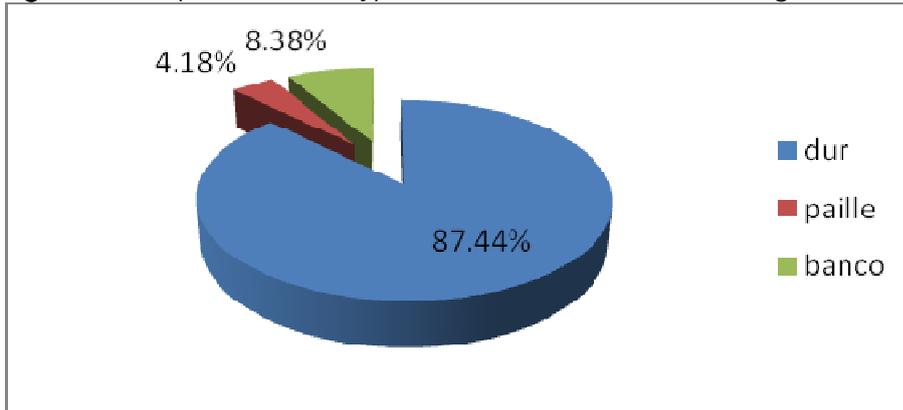
Tableau 7 : Typologie des pertes socio économiques et culturelles

Fonctions Types	Ecosystèmes	Ressources	Activités	Sites	Inspiration
Environnement	Habitat, nutriments, nurserie, reposoirs, abris	Faune, flore, processus physique et chimique	Pêche, agriculture, élevage, chasse, écotourisme	Historique	Spirituel
Foncier	Terres	Patrimoine familiale	Source de tous biens	Affectif	Transmission suivante
Habitat	Foncier	bâti	Repos & loisirs	Communauté, sociabilité	Culture, appartenance
Infrastructures	Sociabilité	Bien tangible	Amélioration des conditions de vie	administratif, équipement	Scientifique et technique
Revenus	Actuel et potentiel	Bien matériel et immatériel	Occupation	Visites	Acquisition d'autres biens
Immatériels	Propriété, proximité	Potentialités	Ecotourisme, Inspiration,	Jouissance, bien être	Foi, croyance

a. Le patrimoine en habitat perdu

Le village de Diakhanor vers les années 1987 abritait trois composantes d'habitat à savoir l'habitat en paille, en banco et en dur. Les constructions en dur occupent la plus grande proportion des habitats avec 215 pièces de logement en valeur absolue et 87,44% en valeur relative, suivies des logements en paille avec 18 abris en valeur absolue et 08,38% en valeur relative et le reste est constitué des logements en banco avec seulement 9 pièces en valeur absolue.

Figure 9 : Répartition des types d'habitat recensés au village de Diakhanor en 1987.

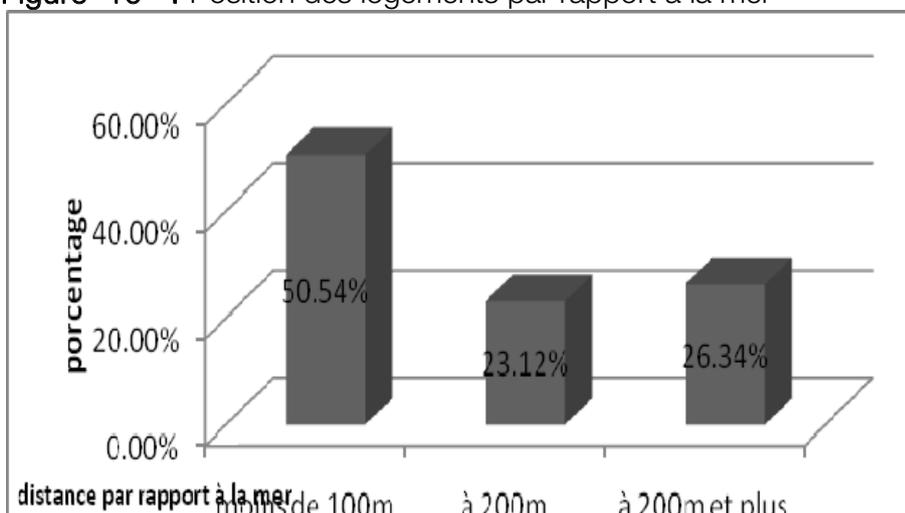


Le village dans sa globalité était divisé en deux « méga » concessions : Mbinecam et Mbéléniène. Les logements de Mbinecam étaient plus avancés vers la mer alors que ceux de Mbéléniène étaient un peu plus éloignés de la mer. Mais tout le village se situait à moins de 500m de la mer avec un espace occupé de l'ordre de 1km².

Les enquêtes ménages ont révélé que 54,54% des bâtiments de logements étaient situés à moins de 100m de la mer dont 70% étaient complètement détruits par le raz de marée et 30% étaient en bon état même s'ils se trouvaient, par ailleurs, sous les eaux. Les logements situés à plus de 200m qui étaient restés en bon état de l'ordre de 80%, les 20% qui restaient étaient seulement atteints par les inondations du raz de marée.

Au vu de cette situation, ces données confirment, en termes de pertes socioéconomiques, le risque potentiel d'habiter tout près de la mer.

Figure 10 : Position des logements par rapport à la mer



Sur l'ancien site de Diakhanor, seulement 6 ménages enquêtés n'ont pas su se souvenir du nombre exact de pièces de logement dont ils disposaient et cela est dû au fait qu'ils étaient très jeunes à l'époque ou bien sont venus directement s'installer sur le nouveau site sans avoir la moindre idée de ce qu'était l'ancien site.

Lors de la délocalisation du village de Diakhanor, 49,2% des logements étaient toujours habitables pour 94 pièces contre 86 pièces de logements inhabitables en valeur absolue, soit 47,26% en valeur relative et seulement 8 pièces étaient plus ou moins habitables. Parmi les logements inhabitables, 71 pièces étaient construites en dur, soit 34,4% des pertes, suivies des pertes en logements de paille avec 9 constructions déclarées, soit 6,8% et le reste en banco pour seulement 7 pièces.

Tableau 8 : Répartition des pertes en logements

Logements perdus	% de population sinistrée	Nombre de pièces de logement
Dur	38,47	71
Banco	3,8	7
Pailles	4,99	8
Total	47,26	86

Figure 11 : Etat des logements à l'abandon

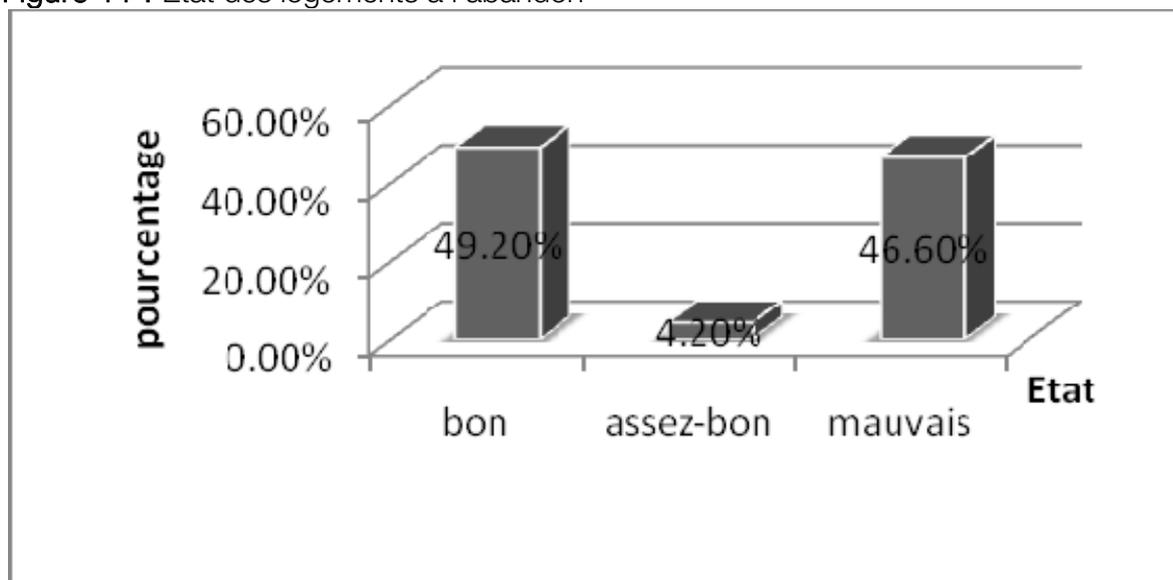


Tableau 9 : Etat des pièces à l'abandon et distance par rapport à la mer

Etat à l'abandon Distance pièces/ mer	Pièces détruites	Pièces non détruites	Total
[100 - 200m [90	63	153
[200m et plus [8	44	52
Total	98	107	205

A partir de ce tableau, nous cherchons à savoir par le calcul s'il y a une dépendance entre l'état de destruction des pièces et leur position par rapport à la mer. Pour cela, il nous faut calculer le T de Schuprow. Par convention, si T est supérieur à 0,15 alors il y a dépendance entre les deux variables étudiées et si T est proche de 0 il y a indépendance entre ces deux variables.

Le calcul de khi deux χ^2

$$\chi^2 = n \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{n_{ij}^2}{n_{i.} n_{.j}} - 1 \right] = 29,349$$

Le calcul de Φ de Cramer

$$\Phi = \frac{\chi^2}{n} = 0,14317$$

Le T de Schuprow

$$T = \sqrt{\frac{\Phi^2}{(p-1)(q-1)}} = 0,378$$

T= 0,378 est supérieur à 0,15 donc la destruction des pièces dépend de leur distance par rapport à la mer qu'elles soient près ou loin d'elle.

b. Les pertes en infrastructures publiques

L'ancien site de Diakhanor disposait des infrastructures publiques de dimension moindre. Il s'agit essentiellement d'une chapelle, d'une mosquée et de 11 puits traditionnels qui ont tous étaient endommagés ou détruits par le phénomène de raz de marée. Aucun de ces ouvrages n'a aujourd'hui laissé de traces particulières sur l'ancien site

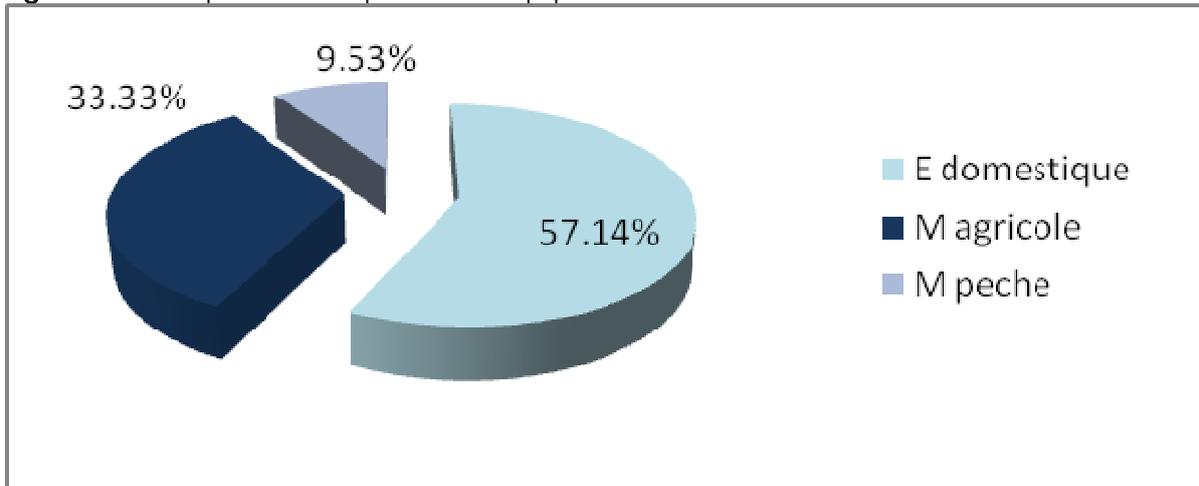
c. Les pertes en équipement

Les équipements perdus ont été essentiellement des équipements agricoles et des équipements de pêche disparus lors du phénomène de raz de marée de 1987. Lorsque la catastrophe a frappé, les habitants ont pu sauver la plupart de leurs biens d'équipement en les transportant ailleurs. Seuls les équipements domestiques peu légers et de valeur jugée moindre ont été emportés par les eaux.

Tableau 10 : Répartition des équipements perdus

Equipements perdus	Population sinistrée (%)	Nombre
Equipements domestiques	17,2	10
Equipements agricoles	10,3	6
Equipements de pêche	3,4	2

Figure 12 : Proportion des pertes en équipement



Ces derniers sont constitués essentiellement de matériel domestique tel que les ustensiles de cuisine, les matelas, les chaises, les bijoux etc., qui n'ont pas pu être sauvés à temps lorsque le phénomène s'est produit. Ces altérations sont suivies des pertes en équipements agricoles, dont 33,33% constitués principalement de machines agricoles et d'autres outils de labour comme les houes, hilaires et semoirs. Enfin, quelques équipements de pêche particulièrement des filets ont été emportés par les eaux du raz de marée.

d. Les pertes en provisions

Les pertes en provisions ont été au cœur des dégâts lorsque la le raz de marée a submergé ce village de Diakhanor. Les populations estiment avoir subi un dommage indéterminé de pertes en provisions de mil et de riz. Le cas des pertes en mil étant le plus important. Plus de 30 greniers de mil ont disparu sous les eaux. Il faut dire que les greniers étaient implantés sur les tannes pour prévenir et lutter contre les feux de brousse et certains acariens nuisibles. Une fois que la catastrophe s'est produite, le tanne était envahi par les eaux et, par conséquent, beaucoup de greniers en faible hauteur ont été inondés.

L'enquête a révélé que près de 80% des ménages interrogés ont chacun perdu au moins 300kg de mil et un total de 26 greniers pleins a été réellement affirmé par les sinistrés à titre de perte, soit 30% des ménages .

Chaque grenier contient environ 20 sacs de mil de 100kg. Si l'on estime que toute la communauté villageoise a perdu de l'ordre de 30 greniers de mil en tout, cela équivaut à une perte de 30 000kg de mil, soit 30 tonnes. Dès lors, les pertes en mil sont estimées entre 26 000 et 30 000kg sur une superficie moyenne de 33ha (greniers + stock dans les maisons).

Les pertes en riz sont moins importantes que ceux en mil. Ces pertes en riz sont estimées entre 580 et 1160kg. En plus des pertes en mil et riz, viennent s'ajouter les pertes d'autres provisions telles que le poisson séché, du foin pour le bétail et quelques marchandises.

Tableau 11 : Répartition des pertes en provision

Pertes en provision	Population sinistrée (%)	Poids (kg)
Mil	80	300
Riz	48,2	10
Autres provisions	13,7	

e. Les pertes en bétail

Les pertes en bétail sont aussi assez remarquables. Elles sont constituées en grande partie de volaille, de porcins et de petits ruminants. Près de 43% des ménages enquêtés ont affirmé avoir perdu chacun au moins 5 poules, soit 125 poules au total et 22% de ces ménages ont également déclaré des disparitions de porcs avec une moyenne de 3 porcs par sinistré. Pour les autres petits ruminants, 6 moutons et seulement 2 chèvres et 2 ânes ont trouvé la mort dans le raz de marée.

Tableau 12 : Répartition du bétail perdu

Bétail perdu	Population sinistrée (%)	Nombre de têtes
Volaille	43	125
Porcs	22,4	39
Moutons	10	6
Chèvres	3,4	2
Anes	3,4	2
Total		174

f. Les pertes en activités économiques

Pendant le raz de marée, les villageois de Diakhanor composés principalement de pêcheurs et d'agriculteurs ont subi beaucoup de pertes de revenus dues à l'arrêt de leurs activités économiques quotidiennes.

Le phénomène a coûté au minimum 5 jours sans travail pour certains et au plus 30 jours pour d'autres. Avec une moyenne de revenus, comprise entre 15 000 et 30 000 F.CFA par sinistré pendant un mois, la valeur de l'activité économique perdue s'estime de l'ordre de 870 000 à 1 740 000 F.CFA pour la population enquêtée.

En plus des pertes d'activités économiques spontanées occasionnées immédiatement les jours qui ont suivi la catastrophe, viennent s'ajouter les pertes de ressources tirées de l'exploitation des terres agricoles, des sites de production de sel, des espaces de pâturage et des forêts. Ces ressources perdues sont les récoltes agricoles perdues sur le nouveau

site alors que l'ancien site ne génère plus aucune ressource agricole pour compenser les pertes subies.

La production de sel s'est interrompue avec le raz de marée étant donné que ce dernier avait complètement dévasté les sites de production de sel faisant aujourd'hui supporter à la communauté villageoise de Diakhanor des coûts financiers d'achat de sel jusqu'au village de Ngounoumane ou ailleurs avec les coûts de déplacement que cela pourrait induire.

Il est évident que dans un système d'élevage extensif sur un site à caractère steppique où le tapis végétal est discontinu, la variation de l'aire de pâturage est très déterminante dans la conduite de l'élevage. Une réduction des aires de pâturage induirait une perte de productivité du bétail si aucune alternative n'est trouvée.

Ces différentes pertes peuvent être résumées comme suit :

- pertes de ressources tirées d'activités d'agricoles ;
- pertes de ressources tirées de l'exploitation du sel ;
- pertes de ressources tirées de l'élevage ;
- pertes de ressources générées par les produits forestiers ;
- pertes de ressources en eau douce.

2. Les pertes environnementales

Dans la catégorisation des pertes environnementales, il a été question de recenser les dégâts sur le biotope et ceux causés sur la biocénose. En ce qui concerne le biotope, les dégâts majeurs ont porté sur la disparition des espaces terrestres ou leur dégradation. Pour la biocénose, ils portent sur la biodiversité animale et végétale. Il sera aussi question de passer en revue les altérations en biens et services environnementaux occasionnées par le phénomène.

Depuis des décennies, le terroir d'implantation de Diakhanor a été et continue d'être ravagé par l'avancée de la mer sur plus de 100ha (Soleil, 1996), réduisant ainsi considérablement l'espace de vie par des pertes de plages et d'aires agro-sylvo-pastorales. Le raz de marée de 1987 est l'une des causes les plus marquantes de disparition de terres avec environ 1,5km² (Niang, 1994) de plages perdus et une dégradation significative de plus de 1km² (Niang, 1994) d'espaces agro-sylvo-pastoraux. Aujourd'hui, ces zones dégradées restent, en grande partie, dénudées et subissent peu à peu la conquête des tannes et des espèces opportunistes à savoir les prosopis.

Ces espaces terrestres perdus avaient abrités une biodiversité non négligeable caractérisée par une richesse en faune et en flore même si le nombre et la valeur économique restent indéterminés. Les incidences du phénomène sur la faune sont effectives avec des destructions d'habitats ou de sites de reproduction de certaines espèces marines comme les fruits de mer et surtout les tortues marines.

Un habitant a témoigné qu'on ne pouvait jamais se promener sur le rivage sans rencontrer une tortue marine. Par contre, nous avons visité avec lui tout le site sans voir la moindre trace de passage de tortue marine. Cette situation traduit la raréfaction des espèces animales constituant, à cet effet, une menace et une baisse significative de biodiversité marine et terrestre.

Les espèces végétales n'ont pas été épargnées par les conséquences des changements climatiques, en ce sens que la reconversion des terres exerce une pression sur la flore. Les pertes en biodiversité et en biomasse végétales sont énormes, entraînant de manière sans précédent par un accroissement de la discontinuité du tapis végétal. Le peuplement végétal de la zone était essentiellement constitué de mangroves de type *Avicennia* et *Rhizophora*.

La zone abrite aussi des espèces ligneuses : *Adansonia*, palmiers, *Cacia tora*, *Acacia albida*, etc. Aujourd'hui, elle subit une nouvelle conquête d'espèces opportunistes telles que les *Prosopis* dont la dissémination a été assurée par le bétail. Les herbacées y sont essentiellement constituées de lianes et de plantes rampantes bordant le long du rivage.

Les dégâts du raz de marée sont aussi identifiés au niveau des biens et services environnementaux. A cet effet, les biens marchands et non marchands perdus sont abordés à travers leur usage direct et indirect. La zone étant perçue sous l'angle d'un écosystème, les biens d'usage direct rendus par ce dernier sont des biens de consommation directe sans la moindre transformation comme les ressources sauvages de bois, de feuilles de plante pour la préparation du couscous, les plantes médicinales, les ressources marines comme les poissons, les ressources du sous-sol comme le sel, etc. Ces biens intègrent aussi les valeurs de non usage comme valeurs culturelles et culturelles et les autres revenus tirés de cet écosystème.

En plus des pertes en valeurs directes, les pertes en valeurs indirectes ont aussi été enregistrées en l'absence des fonctions de régulation de l'écosystème avec des défaillances de protection contre les inondations et l'érosion. Ces défaillances exacerbent la vulnérabilité de tout l'écosystème aux facteurs de dégradation et aux facteurs érosifs dont les effets néfastes sont accentués par les activités anthropiques.

Ces pertes environnementales peuvent être résumées comme suit :

- les pertes de plages ;
- les pertes d'espaces agro-sylvo-pastoraux ;
- les pertes de biodiversité marine et terrestre telles les tortues marines, les fruits de mer, etc.
- les pertes d'espèces végétales : *Avicennia* et *Rhizophora* et d'autres ressources sauvages comme les bois de chauffe, les plantes médicinales, les feuilles des plantes, etc.
- les autres pertes liées aux services de régulation et de protection des écosystèmes.

3. Les pertes culturelles

Les populations sinistrées ont subi d'importantes pertes en valeur culturelle avec une disparition des sites de libation, de rencontre pour des cérémonies culturelles et de loisirs, ces services culturels ont été perdus du fait que sur le nouveau site, ils ne sont plus de la même nature (transfert de site).

Au chapitre des pertes culturelles associées aux services écosystémiques, s'ajoutent les abandons en valeur de legs telles ceux qui pouvaient être transférés aux générations futures. Il s'agit ici des biens de legs tels que les deux gigantesques baobabs de libation ainsi que le patrimoine habitat et d'espace de vie. Les deux grands baobabs de libation servaient de site où se pratiquaient le rituel religieux par des offrandes et les autres activités de vénération de divinité.

2.6 VALORISATION FINANCIERE DES PERTES

La valorisation des pertes portent sur 1987, année de survenance du sinistre. Dans l'évaluation nous considérons :

- les valeurs en capitaux produits ou manufacturés, perdues et exprimées par le sinistre ;
- les valeurs en capitaux naturels, perdues et exprimées par le sinistre ;
- les valeurs obtenues à partir du prix du marché.

Cependant, des contraintes d'évaluation se sont posées dès lors qu'il y a des pertes de mémoire pour certaines personnes interrogées et la non existence de marché pour les biens comme les biens environnementaux où les conditions d'évaluation monétaire par contingence étaient plus complexes à cause de la non disponibilité de données sur le processus de mutation de cet écosystème après la catastrophe. L'environnement existe toujours, mais avec une dégradation accentuée de ce dernier. Or la quantification des variables environnementales pose la contrainte de données.

C'est ainsi que l'approche de valorisation s'est faite à travers les valeurs exprimées par les sinistrés pour les biens en habitat et d'équipement. Leur marché n'était pas visible et à travers le prix du marché pour les biens ayant un marché à l'époque, les prix de référence ont été appliqués sur la base de l'année de sinistre 1987.

LES BIENS ECONOMIQUES

1. Les capitaux produits

La mesure des stocks de capitaux est une tâche complexe. Ils peuvent être évalués en faisant la somme des additions et soustractions faites dans le temps à un stock initial, c'est-à-dire en faisant la somme des valeurs des investissements bruts et en soustrayant, par exemple, la dépréciation du capital produit.

Le capital produit est la somme des équipements, des machines et des structures (y compris les infrastructures). Les terrains urbains ne sont pas considérés comme étant des ressources naturelles de sorte qu'ils soient imputés au capital produit lors des évaluations des richesses. La valeur des terrains urbains est calculée comme étant un pourcentage de la valeur des équipements, machines et infrastructures.

Dans notre cas, nous procéderons à une évaluation monétaire des infrastructures et des biens d'équipement du point de vue de leur valeur exprimée. Cette évaluation tient compte de la valeur de l'ensemble du stock de capital investi et de ses bénéfices à l'année de la délocalisation des populations. Pour cela, nous avons distingué des bâtiments uniquement réservés au logement des villageois des équipements privés, d'une part, et des infrastructures publiques, d'autre part.

- **Les provisions**

Leur valeur est mesurée à partir du prix du marché de l'époque. Elles sont constituées essentiellement de mil et du riz ainsi que d'autres provisions telles que les poissons séchés puis stockés, le foin du bétail, les marchandises en petite quantité, etc.

- **Le bétail**

Leur valeur se calcule à travers le marché de l'époque. Il est essentiellement constitué de la volaille, de poules et canards, des ovins, des porcins et des ânes.

- **Les revenus**

Ils sont évalués à partir de leur montant exprimé par les sinistrés. On distingue, outre les autres revenus liés à la disparition et à la dégradation des terres, deux types de revenus :

- les revenus perdus immédiatement pendant les jours du désastre, faisant état de manque à gagner pourvu que les activités quotidiennes fussent en suspens au profit des activités de relogement ;
- les revenus perdus de l'exploitation des terres agricoles qui abritent aujourd'hui le site de relogement. Ces terres étaient essentiellement agricoles.

- **Les biens environnementaux**

L'évaluation fera références à une grille de valorisation économique des systèmes côtiers de marais maritime/marine de 165ha proposé par Costanza et al en 1994

- **Les biens culturels**

Leur évaluation monétaire sera abordée dans le même sens que celle des biens environnementaux avec les références de Costanza et al (1994) dans leurs études sur la valeur monétaire totale de lacs, marais maritime, marais etc.

Tableau 13 : Valorisation des pertes

Pertes en capitaux		Nombre	Valorisation	Perte par ménage (F.CFA)	Valeur monétaire (F.CFA)
Construc-tions	Logements	215	Valeur exprimée	1 068 000	61 944 000
	Equipements	18	Valeur exprimée	12 400	720 000
	Infrastructures	2	Valeur exprimée	46552	2 700 000
	Total			1 126 952	65 364 000
Provisions	Mil	26000-30000kg	Prix du marché	33 793	1820000-2100000
	Riz	580-1160kg	Prix du marché	1275	49300-98600
	Autres		Valeur exprimée	1 630	94 540
	Total			36 698	2 128 490
Bétaills	Volaille	125	Prix du marché	269	12500-187500
	Porcs	39	Prix du marché	7 397	273000-585000
	Moutons	6	Prix du marché	2 586	120000-180000
	Chèvres	2	Prix du marché	603	30000-40000
	Anes	2	Prix du marché	776	40000-50000
	Total			1 1631	629 625
Revenus	Revenus durant le raz de marée		Valeur exprimée	22 500	1 305 000
	Revenus après le raz de marée		Valeur exprimée	5 400	313 200
	Total			27 900	161 8200
Biens Culturels				7 595	440 500
Total général					70177815

Conclusion

En zone côtière le changement climatique frappe particulièrement les milieux et les habitats les plus proches du trait de côte. Les logements les plus proches de la mer ont subi plus de dégâts que d'autres un peu plus éloignés. Les pertes en équipements ont été énormes et s'élèvent à 65 364 000 F cfa, suivies des pertes en provisions. Seules les pertes du bâti représentent 52% du budget de la communauté rurale (61 944000 Fcfa) et près de 64% du coût financier estimé à 76 238 70Fcfca dans la réalisation du Plan Local de Développement (PLD) de toute la communauté rurale. Les pertes ont plus frappé les infrastructures qui étaient proches de la mer, de l'ordre de 92% des habitats situés, au moins, à 100m de la mer et à 200m au plus. Le calcul du T de Schuprow a montré que la destruction des habitats dépendait de leur distance par rapport à la mer. Cependant, certaines constructions en paille ont été transplantées sur le nouveau site à titre d'abris provisoires pendant une certaine durée.

Ainsi, cette étude donne un aperçu des pertes que peut subir une communauté d'une manière générale. En prise au dénuement et à la désolation, la population doit malgré tout reconstruire son habitat et reprendre les activités de la vie quotidienne. Combien ceci va lui coûter et combien de temps lui faudra-t-il pour retrouver son équilibre d'enfant. C'est ce que nous avons tenté de faire dans ce qui suit.

2. Evaluation des coûts du relogement au village de Diakhanor

De nombreuses options d'adaptation aux changements climatiques portent essentiellement sur les activités humaines de consommation et de production sobres en carbone et sur le transfert de technologie. Or la pertinence des réponses d'adaptation varie radicalement d'un endroit à un autre mais aussi d'une communauté à une autre, en ce qui caractérise la nature locale des impacts spécifiques.

L'adaptation communautaire aux changements climatiques est un processus qui reconnaît que l'aptitude des communautés locales à répondre est un déterminant essentiel qui ne se limite pas nécessairement aux modes de production. Le recasement des populations est l'une des options majeures d'adaptation dès lors que le site d'installation de ces dernières, les prédispose à une menace probante. Cette option d'adaptation (recasement des populations), pose la question de l'adaptation aux changements climatiques sous l'angle d'occupation du sol, particulièrement en zone côtière très vulnérable. De telles options méritent une intégration solide dans les Plans d'Action Nationaux pour l'Adaptation aux changements climatiques (PANA) et surtout dans l'élaboration, à l'échelle régionale, des (NAMAs) Nationally Appropriate Mitigation Actions, outil d'action pour la lutte contre les changements climatiques.

Partant des différentes études et évaluations qui ont été menées ces dernières années pour essayer de déterminer le montant nécessaire dont les pays en développement ont besoin, les coûts d'adaptation vont de 10 à 40 milliards de dollars par an, selon une estimation de la Banque Mondiale.

L'approche méthodologique utilisée dans cette évaluation consiste à identifier l'ensemble des investissements directs et indirects consentis pour le relogement aussi bien communautaire qu'individuel, matériel qu'immatériel. La méthode d'évaluation monétaire des coûts est basée sur les coûts financiers investis par l'Etat et la collectivité pour le relogement sur le nouveau site.

a. Les investissements directs au relogement

Dans l'évaluation des coûts de relogement, nous avons pris l'approche des coûts d'investissement exprimés à titre de relogement. Nous considérons comme coûts de relogement l'ensemble des coûts de construction pour le relogement exclusivement destiné à l'habitat. Dans cette estimation, nous considérons uniquement les bâtiments réservés au relogement dans toute sa composante en pièces de relogement y compris celles à but commercial.

Les populations sinistrées de Diakhanor ainsi que l'Etat du Sénégal ont subi et continuent de subir d'importants coûts de relogement sur le nouveau site abritant le village. Celui-ci est toujours en chantier de construction des logements. Les coûts de relogement sont essentiellement assimilés aux habitats de relogement et infrastructures publiques.

Au lendemain de la catastrophe, tous les sinistrés s'étaient retrouvés sur le nouveau site avec des abris provisoires en paille dont une bonne partie provenait de l'ancien site. La vie de sinistré dans des habitats précaires sur le nouveau site a duré 21 ans au maximum et 1 an au minimum : c'est-à-dire que le dernier à sortir du sinistre a pu attendre 21 ans pour se reloger en dur et que le premier habitant en dur n'a vécu qu'un an dans les habitats précaires.

Tableau 14 : Structure par âge des habitats sur le nouveau site

Age (années)	1-5	6- 10	11- 15	16- 20	20- 23	Total
Nombre de pièces	62	106	76	100	13	357

Figure 13 : Evolution des pièces de relogement depuis 1987

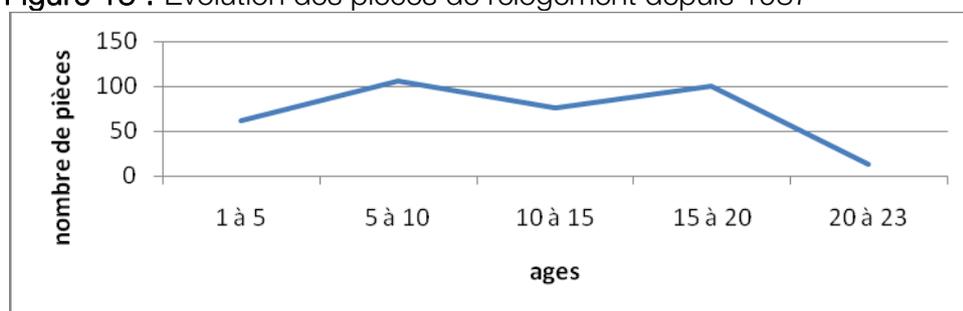


Tableau 15 : Fréquence des pièces de relogement de 1987 à 2009

Année	1987-1992	1992-1997	1997-2002	2002-2007	2007-2009	Total
Ages (année)	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 23	
Nombre de pièces	62	106	76	100	13	357
Fréquence (%)	17,4	29,7	21,3	28	3,6	100
Fréquence cumulée croissante (%)	17,4	47,1	68,4	96,4	100	

L'intervalle] 5-10] est la classe modale, c'est-à-dire qu'il y a plus de constructions entre 1992 et 1997.

La moyenne des pièces construite par année est de 16.

La médiane $Q_2=10,7$ est le quantile d'ordre 50%. Cela veut dire que 50% des pièces ont été construites durant ces 23ans, entre la 1ère et la 10ème année. La 8ème année étant comprise dans la période 1987- 1998.

Taux d'accroissement moyen (t^*) des pièces durant les 23 ans est donc de 4%.

Les constructions de relogement ont été progressives durant les 23 ans avec cependant des pics de construction variables d'intervalle de 5 ans et un taux d'accroissement de moyenne de 4%.

A partir de la 1^e année d'installation, les pièces ont suivi une tendance positive avec un record de 29,7% entre la 5^e et 10^e année. Au-delà de la 10^e année, les constructions ont évolué à un taux régressif même si une évolution importante est remarquée entre la 15^e et la 20^e année.

Les coûts de relogement directs en habitat s'élèvent à cent quatre vingt sept millions deux cent soixante un mille sept cents F. CFA (187 261 700), soit environ 3 fois plus élevé que les pertes sur l'ancien site de Diakhanor et près de 1,5 fois plus important que le budget prévisionnel de la communauté rurale en 1988.

Il ressort de cette étude que les constructions en dur ont des investissements moyens sur une pièce de 12m² de l'ordre de 523 000 F.CFA. Ces investissements seront difficiles à juger comme étant le coût nécessaire à l'adaptation au phénomène de raz de marré. Cependant, le type de construction en dur en est un élément de réponse, contrairement aux logements en paille très exposés à ce phénomène. En sus des coûts d'adaptation, il faut remarquer que la distance par rapport à la mer est aussi un élément, dont la prise en compte mérite une attention particulière de la part des décideurs

b. Les investissements indirects de relogement

Il s'agit d'investissement en infrastructures privées et publiques à vocation non commerciale et celles publiques et privées à vocation commerciale, nécessaire aux bonnes conditions de relogement. Pour les infrastructures publiques de base à vocation non commerciale, il y a, entre autres, l'école primaire, les bornes fontaines, les puits modernes et traditionnels et autres espaces publics non commerciaux.

Les infrastructures privées à vocation commerciale sont constituées de kiosques et de campements touristiques alors que les infrastructures publiques de cette nature sont relatives au quai de pêche et à l'électrification.

Le terroir de Diakhanor abrite des infrastructures publiques et privées ayant une influence significative sur la vie socioéconomique du site. Parmi les infrastructures publiques de cette nature, on peut citer le quai ou port de pêche avec tous les équipements qui s'y rattachent, les campements touristiques privés, etc.

Le quai de pêche est construit par l'Union Européenne dans le cadre du programme d'appui à la pêche artisanale sur le littoral sud (PAPA sud) d'un montant financier de 240000 000FCFA (quai). Cette infrastructure a eu comme participation en nature de la population 22 ha et un montant financier de 13 700 000 francs CFA apporté par la collectivité locale. Le quai implanté à Kadd Diakhanor n'atteint pas aujourd'hui ses objectifs majeurs. Le déplacement et la réinstallation des populations autour du quai, connaît encore quelques difficultés (réticence des pêcheurs migrants).

Tableau 16 : Principaux investissements indirects sur le nouveau site

Infrastructures	2009
Poste de santé (inachevé)	1
Dépôt de médicaments	1
Ecole primaire	1
Chapelle	1
Mosquée	1
Puits traditionnels	43
Puits modernes (non fonctionnels)	4
Forage Kaad Diakhanor (non fonctionnel)	1
Bornes fontaines publiques (non fonctionnelles)	2
Kiosques à pain	5
Boutique	3
Tribune	1
Moulin à mil	1
Electricité avec 7 poteaux à lampe dont 5 fonctionnels	
Stade	1
Cimetière	1
Piste de desserte	1
Autres infrastructures rattachées au terroir	
Port (quai) de pêche	1
Campements touristiques	3

Les rentrées en flux financier escomptées n'ont pu être atteintes. Pour une estimation des recettes journalières de l'ordre de 25 000 000 F CFA, l'infrastructure ne génère qu'une moyenne quotidienne dérisoire de 50 000 F.CFA.

c. Evaluation financière des coûts de relogement

Les coûts financiers de relogement sont évalués à partir de l'agrégation des coûts des investissements directs et indirects exprimés par les propriétaires privés et les responsables communautaires. Ces coûts intègrent en somme toutes les valeurs à l'érection complète des logements, y compris les coûts de clôture.

Tableau 17 : Coûts de relogement sur le nouveau site

Type de coûts de relogement	Relogement	Nombre	Montant (F.CFA)
Coûts directs	Habitats	358	187 261 700
Total		358	187 261 700
Coûts indirects	Infrastructures privés com.	5	175000
	Infrastructures pub. com.	1	240 000 000
	Infrastructures pub. non com.	9	24 300 000
Total		15	265 120 000
Total général			451 736 700

Les coûts de relogement en habitat représentent 3 fois plus que les pertes en habitat subies sur l'ancien site. L'ancien site a duré plus de 60 ans et comptait moins de pièces de logement : seulement 215 contre 358 sur le nouveau site.

Ces enseignements montrent que le déplacement des populations sur le nouveau site, a fait non seulement supporter des coûts, mais également induit des avantages en termes d'organisation de l'habitat conformément au système moderne. Il a aussi accru le nombre de pièces (143 pièces), soit 66,5% des relogements en espace après 23 ans.

Conclusion

Les changements climatiques sont aujourd'hui responsables selon l'avis des experts de plusieurs impacts. Leurs coûts d'adaptation sont énormes et les ressources nécessaires à l'adaptation sont rarement disponibles.

Au Sénégal, dans la région de Dakar, la population menacée est estimée entre 174 864 et 730 249 habitants avec des coûts d'impacts estimés variant entre 52 et 129 millions (CSE 2000). Les impacts des changements climatiques de dimension catastrophique rendent donc très improbables une adaptation anticipée. Même si une stratégie d'anticipation semble rationnelle par l'amélioration des normes de construction du bâtiment, le risque des coûts à court terme reste évident, vu que beaucoup d'habitats sont déjà implantés sur des bas fonds et présentent une grande vulnérabilité.

Ainsi, confronté à la pauvreté et au manque de moyens destinés à des constructions solides, aucun gouvernement ne peut mettre en œuvre des mesures qui renchérissent les coûts de construction, surtout s'il ne s'agit que d'une réduction des dommages climatiques dans 50 ans (Rapport Stern, 2006). Par conséquent, une partie du stock du patrimoine bâti a toutes les chances d'être inadaptée bien avant la fin du siècle.

2.7 LES STRATEGIE D'ADAPTATION

En partant de la situation qui a prévalu après 1987 pour le village de Diakhanor, sur l'ensemble, on peut envisager les scénarii suivants :

- Si c'est l'ensemble de la communauté qui est affectée, la relocalisation se fera dans les villages proches de l'Arrondissement de Fimela.
- Si par contre, ce n'est que quelques quartiers qui sont affectés, la relocalisation se fera comme celle du village de Diakhanor.

1. Stratégie des populations

En partant des données de terrain, il est ressorti que la population se déplace en fonction de la menace des eaux ; d'abord par famille puis par quartiers. C'est ce qui a fait aujourd'hui le village de Ngallou, qui est en fait l'installation de deux villages sur le même site (Sam Sam et Sessène).

C'est le dernier village, qui sous la menace des eaux, s'est déplacé massivement pour aller rejoindre le premier, tout en s'approchant aussi des infrastructures (école, église, hôpital). La population se déplace dans ce cas avec ses propres moyens.

Le même mode de déplacement a été opéré par la population du hameau de Djiffère, qui après la rupture de la flèche, sous l'effet de la recrudescence de l'érosion et des incendies, s'est déplacée avec leurs propres moyens sur environ 500m au nord et y a reconstruit son habitat.

2. Stratégie des autorités

Au niveau national, le principal instrument des autorités pour venir en aide à la population en cas de catastrophe, c'est le Plan ORSEC (plan d'organisation des secours).

Pour ce qui s'est passé dans la CR après la rupture de la flèche de Sangomar, le site a reçu la visite du ministre en charge des équipements. Puis une commission administrative a été mise en place. Il en sortira un plan de recasement du port artisanal de pêche de Djiffère, du hameau d'habitation des pêcheurs et de celui du village de Diakhanor.

Avec le concours des partenaires au développement (Union Européenne), le plan a abouti à un nouveau quai de pêche à Kad Diakhanor, un périmètre de recasement aménagé pour la population de Djiffère et un autre en damier pour le village de Diakhanor.

Face au refus de la population de rejoindre le nouveau site, la mesure administrative prise est l'interdiction de toute transaction commerciale dans l'ancien port de pêche.

Pour avoir une appréciation objective de la vitesse de recule qu'a connu le trait de côte dans cette partie du Sénégal, une approche innovante a été utilisée. Elle développée dans la partie qui suit. Elle va aider valablement dans la simulation des risques potentiels mais aussi dans le choix de stratégie d'adaptation.

III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

L'objectif de cette cartographie multi dates du trait de côte est d'identifier et de mesurer les différentes caractéristiques de la cinématique littorale au niveau de la communauté rurale de Palmarin de 1968 à 2002.

Pour ce faire, l'approche méthodologique adoptée est subdivisée en un certain nombre d'étapes visant à aboutir à la mesure précise des taux d'évolution du trait de cote ainsi qu'à leur localisation. Les résultats obtenus seront présentés sous forme graphique et cartographique pour une meilleure visualisation des phénomènes observés.

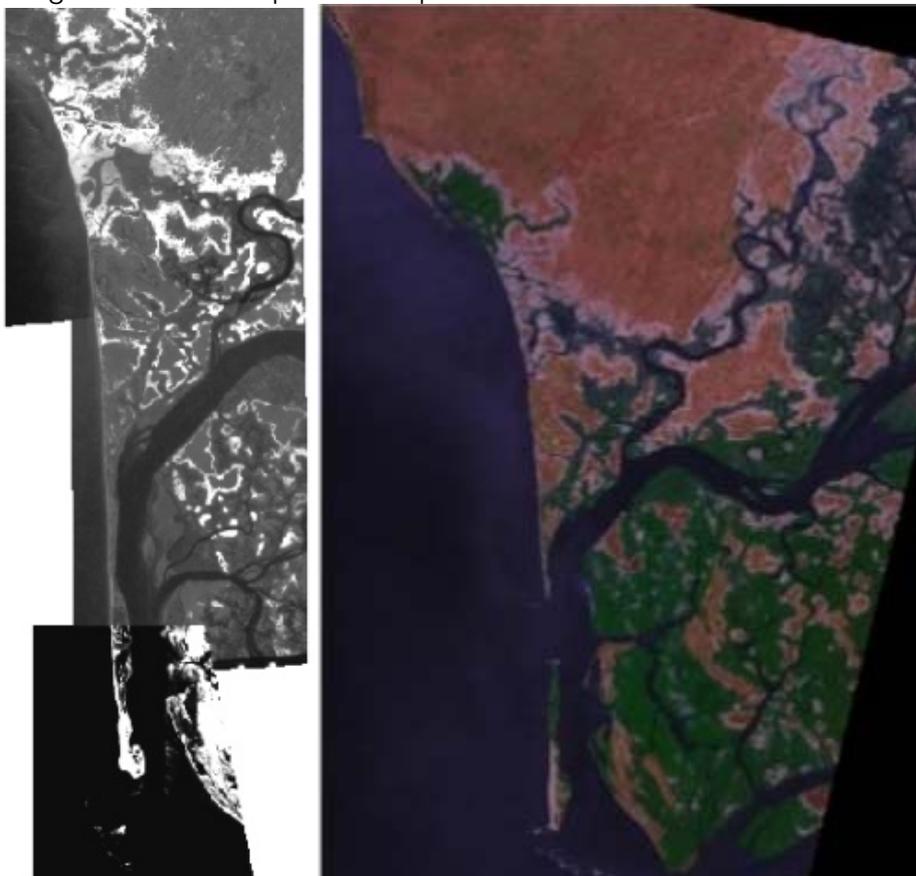
3.1 LES DONNEES UTILISEES

Deux sources de données ont servi de base à l'extraction du trait de côte :

- Une photographie aérienne CORONA panchromatique de 1968, au 1/60000e,
- Une image SPOT HRG couleur de 2002 au format Tiff. Cette image a été prise le 24 décembre 2002 et sa résolution spatiale est de 10m. La taille du Pixel est 5m sur 5.

Ces images déjà géo référencées ont été fournies par le Centre de Suivi Ecologique.

Photo 6 : photographie Corona à gauche et Image SPOT à droite représentant la flèche de Sangomar avant et après la coupure.

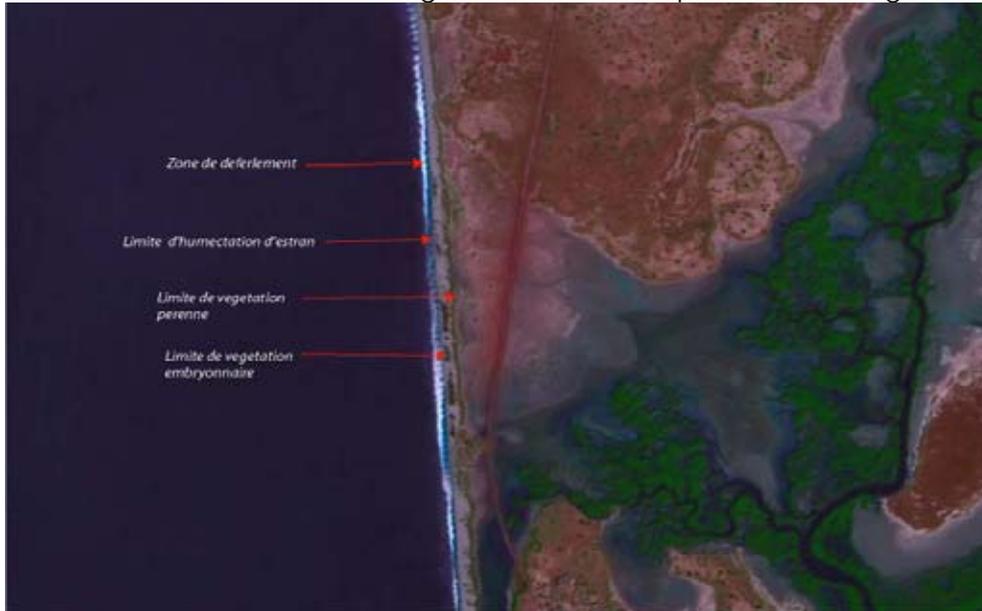


3.2 CHOIX DE LA LIGNE DE REFERENCE

Le choix de la ligne de référence a été fortement conditionné par la qualité des images disponibles.

En effet, si pour l'image SPOT, il est aisé de différencier de façon précise la limite de végétation ainsi que la limite d'humectation d'estran, (figure 5), par contre, la photographie Corona a posé des problèmes d'interprétation.

Photo 7 : Différenciation de la ligne de référence à partir d'une image SPOT couleur



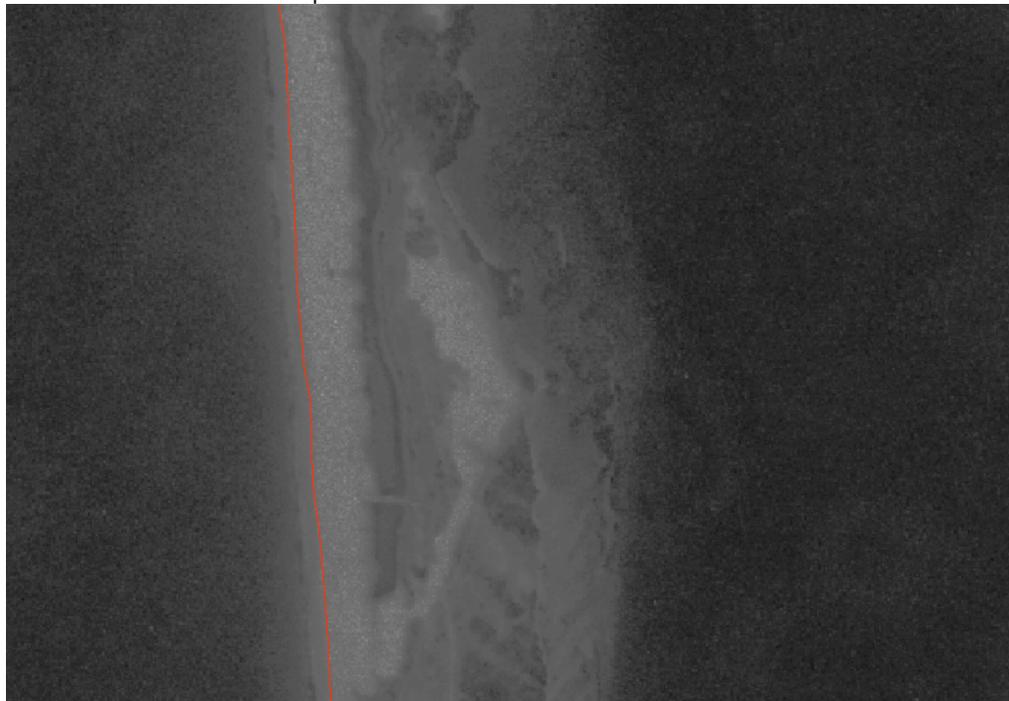
Sur l'image SPOT ci-après, la différenciation des couleurs au niveau des pixels permet d'identifier la limite d'humectation d'estran à la limite des pixels bleus et la limite de végétation à la limite inférieure des pixels marron.

Photo 8 : Différenciation de la ligne de référence à partir d'une image SPOT couleur : agrandissement de la vue pour une meilleure différenciation



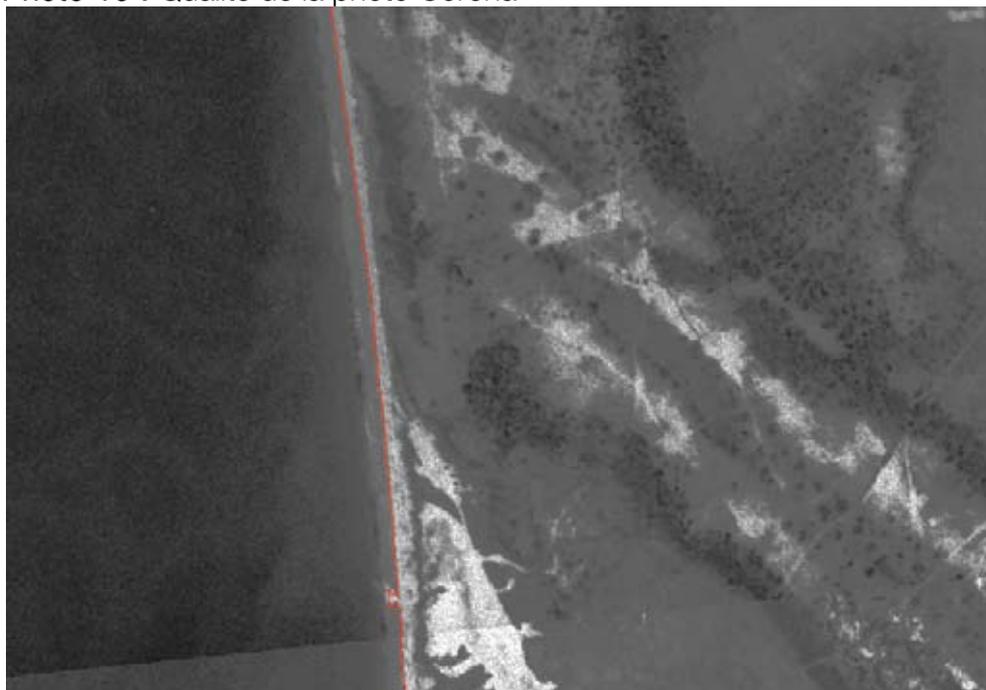
En revanche, l'absence de couleurs, le réglage peu optimal du contraste sur la photo corona et les questions de photo-interprétation ont influencé le choix de la ligne de référence.

Photo 9 : Qualité de la photo Corona



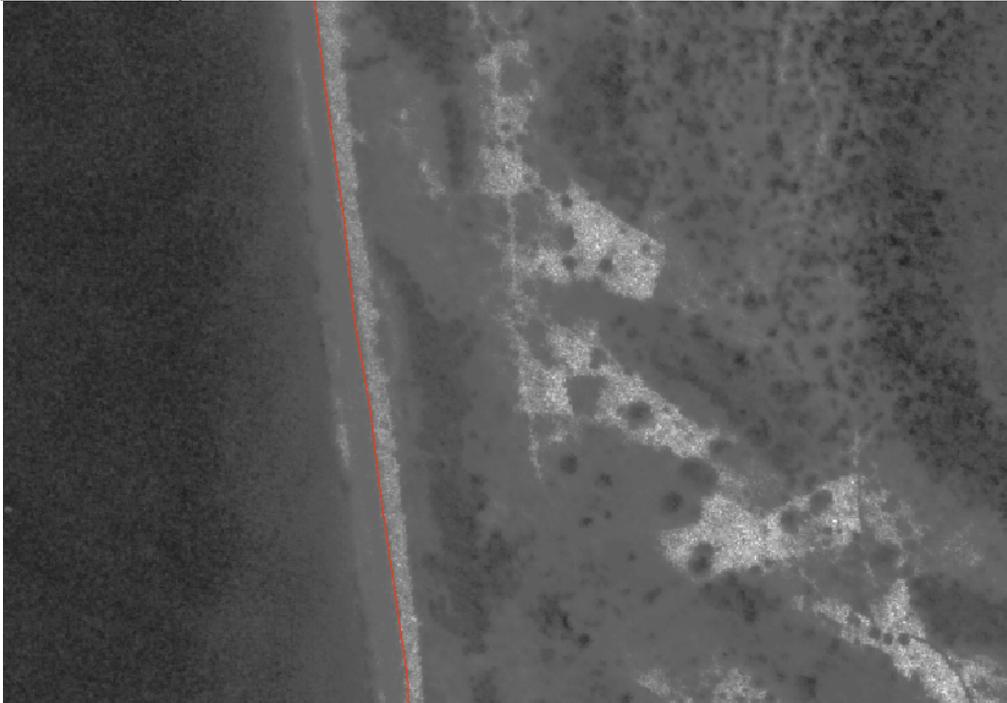
Sur une image panchromatique, et par convention, « la limite d'humectation d'estran est fixée à l'interface entre les pixels gris-sombres et les pixels blanchâtres en partant de la mer » (CSE, 2010).

Photo 10 : Qualité de la photo Corona



En effet, du fait de l'écosystème particulier de la zone (présence de tannes, de vasières, de cordons dunaires littoraux...) la limite de végétation est souvent discontinue, ou tout juste embryonnaire et ne peut en aucun cas servir de référence sur toute la longueur de la côte pour 1968. De même, le réseau hydrographique très dense fait que les pixels noirs qui, sur une image panchromatique peuvent représenter la végétation, sont souvent confondus avec des plans d'eau.

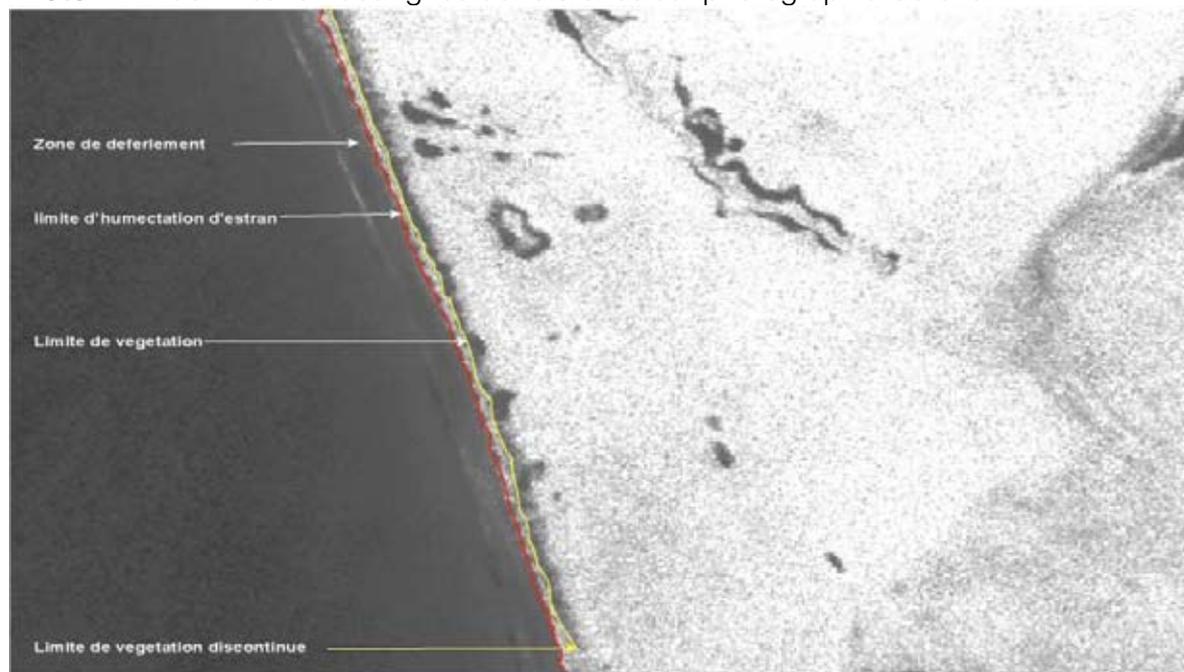
Photo 11 : identification de la limite d'humectation d'estran sur photographie panchromatique.



Même si la photo suivante permet de différencier nettement deux lignes de référence, elle permet également de mettre à jour le caractère discontinu de la limite de végétation.

En définitive, la ligne de référence choisie dans cette étude est donc la limite d'humectation d'estran, la seule visible de façon continue sur les deux photos.

Photo 12 : Identification des lignes de référence sur photographie Corona



3.3 TECHNIQUES D'EXECUTION DU TRACE DES LIGNES DE REFERENCE

Le travail d'extraction des traits de côte ainsi que de l'occupation du sol a été exécuté en deux étapes.

La numérisation proprement dite du trait de côte à partir des images raster de 1968 et 2002 s'est faite sur ArcGIS 9.2. Des fichiers « shapefile » ont été créés sur ArcCatalog puis chargés sur ArcMap pour permettre leur édition. Les fiches de métadonnées permettront une description plus complète de ces différents thèmes.

Après agrandissement de l'image au 1/2500e pour une distinction sans équivoque des pixels concernés, la ligne de référence a été extraite d'abord pour 1968 puis pour 2002.

A la suite de quoi, les thèmes « occupation du sol » ont également été extraits. Du fait de la morphologie particulière de notre zone d'étude, le travail de cartographie multi dates a été réalisé d'abord pour la partie nord de la flèche, de Fata Ngoussé à Djiffère ; cette procédure a ensuite été répétée pour l'île de Sangomar au sud de la coupure.

3.4 METHODES ET OUTILS, TECHNIQUES DE MESURE DES EVOLUTIONS OBSERVEES

Entre 1968 et 2002, le littoral de Palmarin a subi d'importantes modifications qui ont abouti entre autres, à la coupure de la flèche de Sangomar en 1987.

L'analyse diachronique effectuée permettra de mesurer les évolutions à travers leur distribution dans le temps et dans l'espace.

- **Mesure des évolutions**

Ce volet passe par l'utilisation de l'extension Digital Shoreline Analysis System (DSAS) sous ArcView3.3.

Après création d'un nouveau thème «ligne de base» ou baseline, les fichiers «shape» trait de cote 1968 et trait de cote_2002 sont ouverts sur ArcView.

Le fichier ligne de base est un élément primordial dans la procédure de mesure des évolutions entre deux traits de côte. Elle représente la ligne de référence à partir de laquelle l'utilitaire DSAS peut calculer l'écart entre les traits de côte. Pour ce faire, cette ligne est numérisée le long des deux traits de manière à épouser les contours généraux des deux courbes.

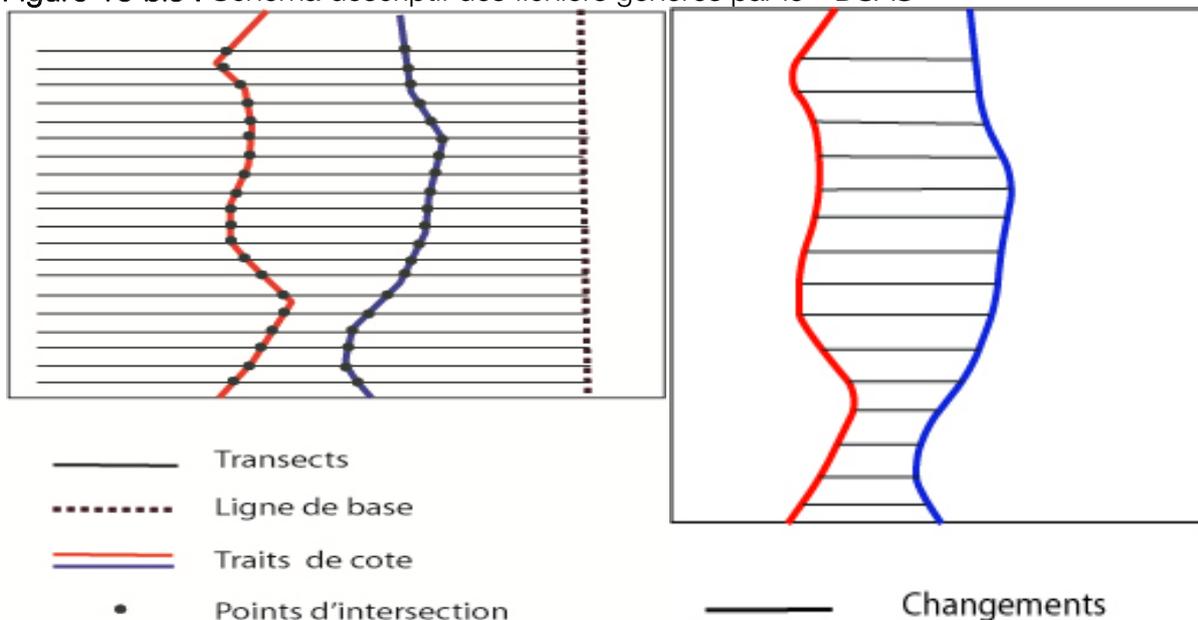
Il existe plusieurs méthodes de traçage (voir annexes) mais nous avons choisi une ligne assez simple pour des questions de temps et du fait qu'il y avait deux analyses à faire sur la zone. D'un autre point de vue, la complexité des deux traits au niveau de la zone sud a été un élément assez dissuasif pour l'utilisation de méthode plus compliquée.

L'étape suivante consistait à configurer les tables d'attributs et les paramètres par défaut (default parameters) comme recommandé pour un résultat optimal (voir annexes).

Une fois la commande « Cast Simple transects » exécutée, le résultat brut sur ArcView3.3 est la création de 3 nouveaux fichiers « shape » :

- Intersect : représente les points d'intersection entre les transects et les traits de côte
- Transects : segments tracés entre la ligne de base et les différents traits de côte
- Changes : segments représentant les écarts entre les deux traits de côte.

Figure 13 bis : Schéma descriptif des fichiers générés par le «DSAS»



Sur la table d'attribut de ce fichier « Changes » on peut identifier trois champs qui vont permettre l'analyse des résultats sur Excel voir annexe I.

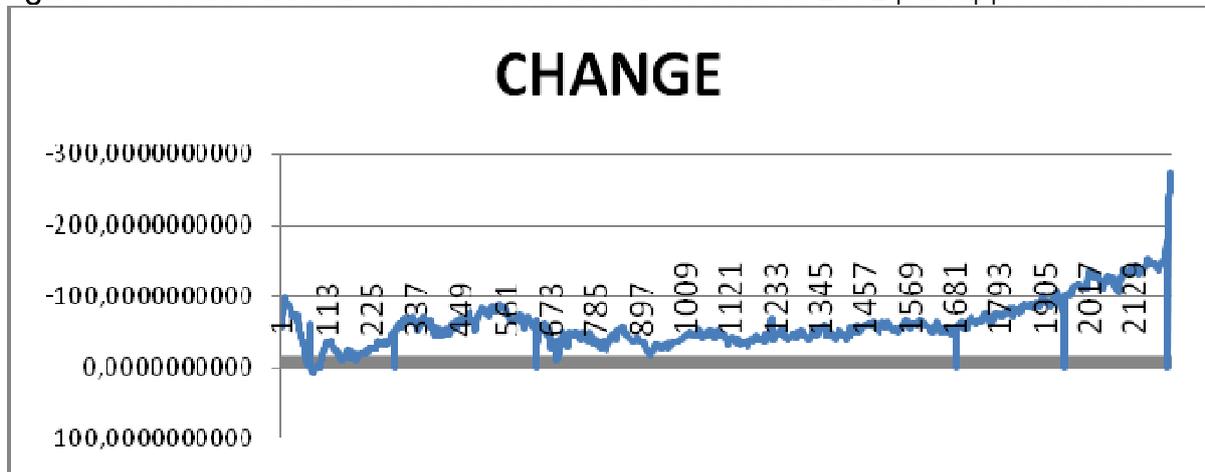
- Le numéro de transect sur la série
- La valeur de l'évolution observée sur ce point de la série
- La période d'observation ; sur cette étude, la durée est fixe, de 1968 à 2002, elle est de 34 ans et quelques jours.

- **Analyse des évolutions sur Excel**

Sur Excel, seuls les champs transectID, change et Era sont maintenus. A partir du champ Era la moyenne annuelle pour l'ensemble de la série est calculée en divisant les mesures par le nombre d'années. Le tableau montrant le résultat obtenu est l'annexe II.

La série totale qui est de 2276 transects est ensuite convertie en graphique illustrant la cinématique littorale sur toute la longueur de la côte :

Figure 14 : courbe illustrant les évolutions du trait de côte de 2002 par rapport à 1968



L'axe des ordonnées représente les niveaux d'évolution du trait de côte le plus récent par rapport au trait antérieur, l'axe des abscisses matérialise la localisation de ces évolutions ; les chiffres représentent les indexes de chaque point de la série ainsi que le transect concerné.

Le travail d'analyse commence par l'identification de secteurs homogènes sur la courbe, et qui présentent des tendances d'érosion ou de dépôts de sédiments encore appelés progradation.

Les différents secteurs sont marqués sur la courbe par des seuils, et les numéros de transects sont inventoriés; la moyenne sur la période est calculée pour chaque secteur en m/an ainsi que la moyenne annuelle en mètre (m) par secteur, et le nombre cumulé de transects par secteur.

Finalisation du volet graphique sur Illustrator

La courbe explicitée plus haut est copiée et collée sur Illustrator pour être redessinée en intégrant les seuils des secteurs identifiés. Puis l'habillage de cette courbe est finalisé en intégrant les moyennes calculées par secteur.

Les secteurs en progradation, dont les moyennes sont positives sont représentés de façon différentielle par rapport aux secteurs en érosion (moyennes négatives)

La dernière étape consiste à accoler à cette courbe la carte de la zone d'étude avec l'occupation du sol et les seuils des secteurs identifiés afin de pouvoir localiser les évolutions observées sur la série de données sur la carte elle-même.

Ce travail ayant été mené séparément sur la partie nord et au sud de la coupure, deux produits ont été réalisés.

- **L'estimation des erreurs**

De façon générale, l'estimation des erreurs sur les mesures effectuées reste assez difficile.

La qualité de la photographie Corona induit forcément des indéterminations en matière de photo-interprétation ; La numérisation du trait de cote ayant été exécutée au 1/2500 on peut estimer que la marge d'erreur liée à la photo interprétation et à la digitalisation est de +/- 2.5m.

De même, sur l'image SPOT des erreurs peuvent survenir concernant l'identification de la limite supérieure des pixels bleus représentant la limite d'humectation d'estran. Cette marge d'erreur peut être estimée de la taille du pixel qui est de +/- 5m.

A coté de ces estimations il faudrait prendre en compte les erreurs liées au calage des deux images ; mais le travail ayant été réalisé avant exécution de cette étude il semble pertinent de le mentionner mais difficile de proposer des estimations précises.

Il y a également des erreurs inhérentes au calcul des évolutions sur le DSAS. Les transects sont espacés de 10m mais étant fortement conditionnés par le tracé de la ligne de base, il est probable que certains niveaux d'évolution aillent en deçà ou au delà des mesures annoncées. C'est pourquoi une marge d'erreur de +/-10 m a été estimée pour les évolutions mesurées.

Donc, au total la marge d'erreurs est de +/-17.5m.

IV. EVOLUTION DIACHRONIQUE DE LA POSITION DE LA LIMITE D'HUMECTATION D'ESTRAN

Les variations constatées au niveau sectoriel suggèrent que les phénomènes érosifs obéissent à certains facteurs précis qui font qu'à chaque fois qu'une régression est entamée, elle est aussitôt suivie d'une intensification traduite par un retrait plus fort du trait de côte.

Autour de Fata Ngoussé, les mesures montrent un retrait du trait de côte avoisinant les 100m entre 1968 et 2002, soit une moyenne de 1.79m par année.

Cette forte érosion autour de Fata Ngoussé peut être assimilée à l'effet de la forte activité portuaire au niveau de la Pointe Sarene et de la Pointe de Ngazobil ; la dérive littorale occasionnée vient frapper obliquement sur cette zone et ce sont ses effets sur la porte de Fata Ngoussé qui sont à l'origine de la forte érosion constatée.

Cette forte érosion au droit de Fata Ngoussé est inversée vers le sud ; on note un ralentissement des phénomènes de retraits puis une petite phase de dépôt (on y trouve un banc de sable) qui ne dépassera pas les 10m, et qui est aussitôt suivie par une autre session d'érosion.

Sur près de 10km, les phénomènes érosifs sont visibles jusqu'à Ngallou samSam, et les niveaux de retrait varient entre 50 et 80m. Cette forte érosion a d'ailleurs été à l'origine du déplacement de Ngallou Sessène qui était auparavant situé plus au sud.

Au niveau du secteur allant de Ngallou SamSam à Ngounoumane, le retrait du trait de cote semble ralentir, avec une moyenne de 45m pour la période.

C'est au niveau de la zone au droit de Diakhanor jusqu'à Djiffère que la situation est assez préoccupante. Cette portion d'une longueur de 5km a subi une érosion moyenne de 2,3 à 7m/an durant la période étudiée :

A partir de Diakhanor, ces phénomènes s'intensifient de façon dramatique, progressant rapidement de -50m à -150m au nord de Djiffère.

La pointe de la Fleche quant à elle a subi un retrait de l'ordre de -300m. Et ceci explique le déplacement de Diakhanor, d'abord puis du hameau de Djiffère.

C'est en 1987 que le raz-de-marée a envahi la zone de Diakhanor-Djiffère, causant le déplacement du village de Diakhanor. Djiffère devait également subir le même sort mais les populations n'ont pas voulu donner suite aux injonctions des autorités, qui avaient prévu une relocalisation à Kad Diakhanor , à quelques kilomètres de Djakhanor , de l'autre coté de la flèche sur la façade orientale.

Et on peut supposer que si cette tendance se maintient, le territoire sur lequel le hameau de Djiffère est édifié risque de disparaître dans une vingtaine d'année si rien n'est fait.

Il est cependant aisé de pronostiquer une intensification des phénomènes érosifs étant donné que si la première cause avancée est la dynamique littorale, il n'en reste pas moins vrai que l'action anthropique a également une forte influence sur la zone. En effet, le littoral de Palmarin a été pendant près d'un siècle, le lieu d'exploitation du sable titanifère par la société GAZILO (exploitation du sable titanifère de Rufisque à Djiffère en passant par Sendou, dont la réplique aujourd'hui est le projet MDL sur la grande Côte), dont une usine était installée à Djiffère. A côté de cette activité industrielle on peut également évoquer les prélèvements de sable et de galets calcaires par les populations, pour les constructions en dur, les fosses septiques et la confection de béton armé. Il faut rappeler qu'au temps colonial, la carrière d'extraction de sable pour la construction de Rufisque et Dakar était entre Mbao et le Cap des Biches. Ce n'est que bien après que cette carrière sera fermée et transférée à Mbeubeuss.

Si on y ajoute les caractéristiques inhérentes à toute la petite cote de Bargny à la pointe de Sangomar, à savoir des estrans courts, une réserve sableuse très limitée (cordon littoral) ainsi que des transits sédimentaires faibles, et qui font de la cote de Palmarin une zone très vulnérable à l'érosion côtière (Barusseau, 1980), on peut supposer que les phénomènes érosifs ne peuvent que s'intensifier si aucune action n'est entreprise pour contrer cette dynamique littorale.

Une analyse plus approfondie et qui intégrerait une mise à jour des présents résultats obtenus sur la base d'image de 2002 devrait permettre de mieux évaluer les tendances érosives le long du littoral. De ce fait des orientations plus précises pourront être proposées pour l'édification d'ouvrages de protection sur le littoral de Palmarin.

La figure suivante (figure 12) met en évidence les évolutions mesurées puis localisées le long du littoral de l'île de Sangomar.

Ces évolutions affichent des valeurs très fortes notamment en ce qui concerne les phénomènes érosifs directement au nord de l'île.

Cette tendance conditionnée par le sens de pénétration des eaux marines est également à l'origine de progression de la pointe vers l'est (partie nord).

Par contre, dans la partie sud les phénomènes de progradation sont prédominants, ce qui est assez logique puisque de façon générale les épisodes de creusement sont naturellement prolongés par des épisodes de dépôts.

Entre 1968 et 2002, le retrait du trait de cote a d'abord été extrêmement fort.

Sur les 5 premiers kilomètres, le retrait est quasi spectaculaire, avec une moyenne de 15m par an., et un retrait total tournant autour de 600m pour la période.

Ensuite, on assiste à un affaiblissement progressif des phénomènes, qui se traduit par un recul inférieur sur les 5 à 10 km, et ne dépassant pas les 400m, puis allant en décroissant jusqu'à stopper carrément. La moyenne par année tombe de 9m à 3.5m tandis que le retrait moyen pour ces secteurs diminue de 300m à 122m.

Ensuite, les deux courbes matérialisant la limite d'humectation se rejoignent pour se croiser à un point central le long du littoral, déterminant une inversion du processus d'érosion au niveau de l'île de Sangomar.

A partir de ce point, les phénomènes de progradation prennent le pas sur le retrait et on constate une avancée de la limite d'humectation vers la mer, de l'ordre de 2.2 m par an pour le premier secteur, puis de 4m par an au sud de l'île de Sangomar. Cette avancée vers la mer augmentera de 150 à 350m entre 1968 et 2002.

Ainsi, une forte érosion réduit l'île de Sangomar par le Nord, tandis que le sud est le théâtre de dépôts qui sont à l'origine du « rallongement » de l'île depuis quelques années. Et ces phénomènes hydrodynamiques sont susceptibles de modifier la morphologie de l'embouchure actuelle du Saloum d'ici quelques années.

Figure 15 : Evolution de la limite d'humectation d'estran de Fata Ngoussé à Djiffère entre 1968 et 2002

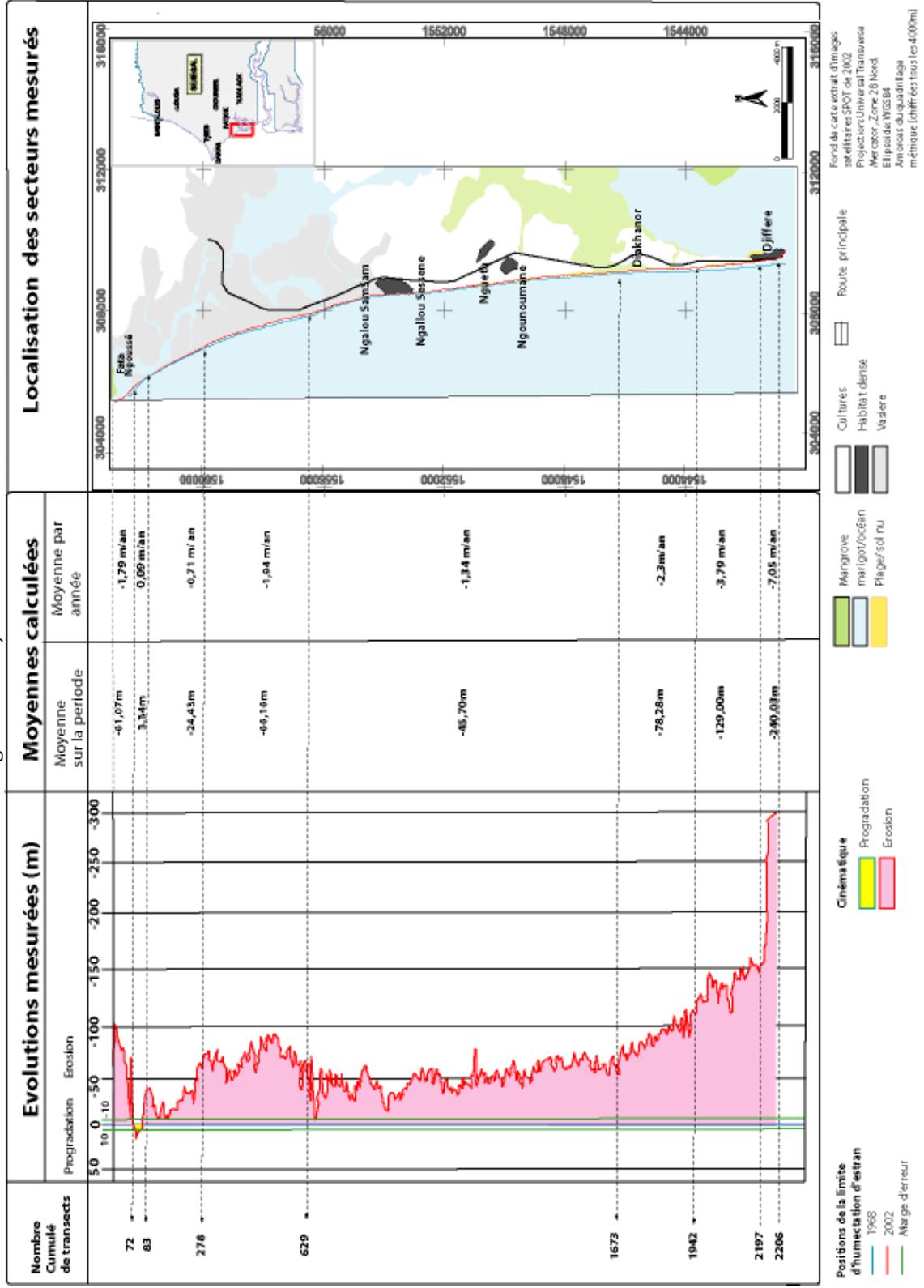
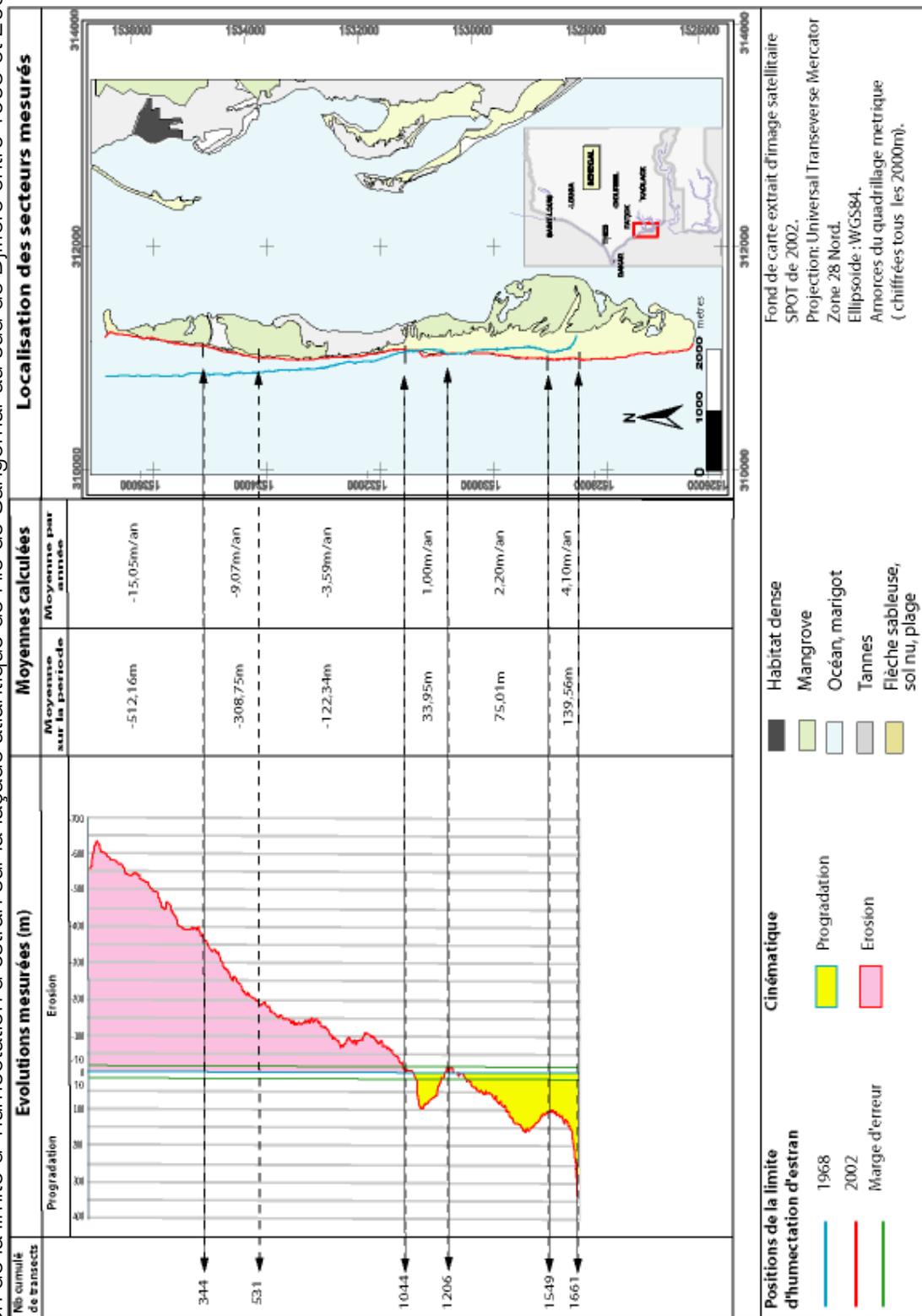


Figure 16 : Evolution de la limite d'humectation d'estran sur la façade atlantique de l'île de Sangomar au sud de Djiffere entre 1968 et 2002



V. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS OBTENUS

Tableau 18 : Présentation synthétique des résultats par secteur

ZONE	Evolution globale	Evolution sectorielle	
		Erosion	Progradation
Zone Nord (De Fata Ngoussé à Djifere)	Erosion -1,78m/an	+ de 95% des transects	-2%, localisés dans le nord
Zone sud (île de Sangomar)	Erosion -4,42m/an	68,33% des transects	31,48% dans la partie sud

Tableau 19 : Présentation synthétique des résultats par secteur

	localisation	Evolution	Vitesse	conséquences
Zone NORD	Autour de Fata Ngoussé	Erosion	-1,79m/an	Elargissement de la porte de Fata et accentuation du caractère insulaire de Palmarin
	Au sud de Fata Ngoussé	Progradation	+0,09m/an	Renforcement du cordon littoral
	Au sud du secteur en progradation (3-5km de Ngalous à Diakahanor)	Erosion	-1,33m/an	Habitations et campements touristiques menacés
	Secteur au droit de Diakhanor jusqu'au Nord de Djiffère	Erosion	-3,04m/an	Perte d'infrastructures, de terres, et menace sur les campements
Zone SUD	Secteur du hameau de Djiffère	Erosion	-7,05m/an	Destruction route et des installations économiques
	Moitié nord de l'île de Sangomar	Erosion	-9,23m/an	Elargissement du nouveau chenal
	Moitié Sud de l'île	Progradation	+2,43m/an	Réorganisation et stabilisation
	Secteur stable au centre			Limite d'humectation inchangée depuis 1968

VI. CONCLUSION GENERALE

L'étude nous a permis de rappeler la mise en place de la plus grande partie des terres de l'ouest du Sénégal. Les travaux de recherche scientifique ont illustré que la problématique de la recrudescence des phénomènes d'érosion côtière n'est pas nouvelle. Cependant, c'est son ampleur et sa fréquence qui sont inquiétants, à une époque d'accroissement de la population, de multiplication des investissements en infrastructures et en équipements. Epoque aussi, de développement des activités économiques littorales, de détente et de loisirs en bord de mer, qui sont devenus une valeur économique structurante certaine.

Le littoral offre, à l'interface entre la terre et la mer, une multitude d'écosystèmes, qui, malgré leur étroitesse, confère aux zones côtières une riche diversité biologique, qui est sans commune mesure avec celle de l'intérieure des terres. L'importance, la disponibilité, et la diversité des nutriments pour plusieurs espèces, font de cet écotone un concentrateur et diffuseur des populations animales et humaines.

Cette image se reflète dans l'histoire de la flèche de Sangomar qui, par son caractère mythique (Porte de Fata), de mobilité de la population (changement de site des villages) et actuel (port de pêche, pôle touristique et de transit), continue de retenir l'attention des scientifiques et des développeurs. La flèche de Sangomar fascine plus d'un car, elle offre un spectacle où l'eau est en interaction avec elle-même, par des forces issues de l'océan et celles venant des bolongs et/ou du Saloum) sur un petit espace à la hauteur de Djiffère et de ses environs.

D'après l'analyse diachronique, la vitesse annuelle de recul, du fait de l'érosion côtière à la suite de la rupture de la flèche de Sangomar à hauteur de Djiffère, est inquiétante (-7.05 m au droit de Djiffère) Dans une analyse linéaire, si cette dynamique se maintient, Djiffère disparaîtrait dans une trentaine d'années.

Pour ce qui est de la vitesse moyenne globale, elle est de -1.78m par an pour Palmarin et à ce rythme il ne faudra pas plus de 100 ans pour que Palmarin disparaisse à son tour, étant donné que le cordon littoral, unique barrière de protection de l'île à l'heure actuelle subit les prélèvements des populations qui, une fois combinés avec les effets de l'érosion, vont déboucher sur une accélération du retrait du trait de cote.

Ceci reviendrait à des pertes inestimables, aussi bien écologiques, biologiques, matériels qu'économiques. La petite estimation qui a été faite sur Diakhanor après février 1987 donne 70 177 815 fcfa, comme pertes liées au raz de marée. Pour avoir une vision nette d'une probable réalité, il faut ajouter celle de reconstruction ou de la réinstallation de même village, celle-ci est estimée à 451 736 700 fcfa. Le coût total est alors de 521 914 515 fcfa.

Face au coût des pertes éventuelles et au prix exorbitant (cinq fois environ l'investissement initial, l'Etat et les partenaires au développement doivent déployer des efforts en matières de recherche scientifique, de mesures d'adaptation et une forte sensibilisation à l'endroit de la population exposée.

Recommandations

Suivi régulier des paramètres hydrodynamiques marins et côtiers de la zone

Aménager des infrastructures de protection du littoral aux points les plus fragiles

Délocaliser les populations les plus exposées aux menaces de l'érosion côtière

Poursuivre l'évaluation de la valeur économique totale de l'écosystème (Palmarin)

Mener des études sociologiques sur les risques et la reconstruction du fait que cette population de Palmarin, au regard de son histoire, s'est à chaque fois adaptée et n'a jamais voulu quitter cet endroit bien, qu'elle soit consciente de sa fragilité et des risques potentiels encourus (étude du comportement face au risque)

VII. PERSPECTIVES

TDR : Délocalisation et recasement des habitants par rapport à la ligne de rivage actuelle sur 50m à Ngallou et à Kad Diakhanor pour ceux de Djiffère.

Tâches du consultant

1. faire une étude diagnostique sommaire de la zone d'étude en mettant l'accent sur :

- la configuration spatiale – les interrelations avec les autres espaces d'activités – les défis environnementaux – le potentiel socioéconomique – la dynamique démographique.

2. formuler les enjeux ou objectifs stratégiques

3. faire une esquisse de plan de recasement

A. en tenant compte :

- des populations potentiellement affectées par l'érosion ;
- des populations directement affectées ou sinistrées par le phénomène d'érosion côtière ;
- de la nature des équipements et infrastructures impactés ;
- de la limite des terres disponibles (plus petite communauté rurale du Sénégal)

B. développer les scénarii à mettre en œuvre : scénario de statut quo et le scénario réaliste en les motivant et en n'en retenant un.

4. Définir un plan d'actions prioritaires du plan de recasement et son cadre de mise en œuvre en précisant :

- les objectifs du plan de recasement
- le cadre juridique et institutionnel du recasement ou de la réinstallation
- le mode d'éligibilité des personnes ou populations à recaser
- évaluation des pertes et modes d'indemnisation
- choix des sites potentiels de recasement
- mesures d'accompagnement nécessaire en cas de recasement
- identification des partenaires susceptibles de participer au financement de l'opération
- calendrier d'exécution du plan de recasement
- proposition d'un plan de suivi évaluation

Eligibilité et profil du consultant

Le consultant doit justifier ou avoir de solides compétences en matière d'études, de gestion des zones humides et côtières et des risques climatiques, d'étude d'impact environnementale et sociale et des connaissances sur le cadre de politique de réinstallation avec une expérience d'au moins 5 ans. Il doit maîtriser le français parlé et écrit. Tous les documents doivent être rédigés en français.

Produits attendus

rapports provisoires en format papier et en format numérique

rapport final en 10 exemplaires (format papier) + 10 CDR (format numérique)

proposition d'un calendrier de restitution

Durée de l'étude

La durée de la consultation sera de deux mois (2) à partir de la date de signature du contrat avec le consultant

VIII. TDR AMENAGEMENT DE PROTECTION DU RIVAGE A NGALLOU, DIAKHANOR ET DJIFFERE

1. **Faire une étude diagnostique de la zone d'étude en mettant l'accent sur :**
 - la configuration spatiale – les interrelations avec les autres espaces marins (profil de plage, pente) – les défis environnementaux (dynamique du retrait de trait côte) – le potentiel socioéconomique – la dynamique démographique
2. **formuler les enjeux ou objectifs stratégiques**
3. **faire une esquisse du plan technique de protection du rivage ou d'atténuation de la houle et des vagues sur le cordon littoral**
 - A. en tenant compte :
 - des habitations, des infrastructures et des équipements qui pourraient être affectées par l'érosion côtière ;
 - des populations directement affectées ou sinistrées par le phénomène d'érosion côtière ;
 - de la nature des habitations, des équipements et infrastructures impactés
 - B. développer les scénarii à mettre en œuvre : scénario de statut quo et le scénario réaliste, en les motivant et en n'en retenant qu'un.
4. **Esquisser un schéma technique de protection du rivage avec des épis de sable et son cadre de mise en œuvre en précisant :**
 - les objectifs de la technique de protection
 - le cadre environnemental terrestre et océanographique
 - le mode de protection
 - évaluation des coûts de protection y compris les études d'impacts environnementales
 - mesures d'accompagnement nécessaire en cas de débordement
 - identification des partenaires susceptibles de participer au financement de l'opération
 - calendrier d'exécution des ouvrages
 - proposition d'un plan de suivi évaluation

Eligibilité et profil du consultant

L'opérateur doit justifier ou avoir de solides compétences en matière de protection côtière et de gestion des risques, des connaissances sur le cadre de politique de crise avec une expérience d'au moins 5 ans. Il doit maîtriser le français parlé et écrit. Tous les documents doivent être rédigés en français.

Produits attendus

rapports provisoires en format papier et en format numérique

rapport final en 10 exemplaires (format papier) + 10 CDR (format numérique)

proposition d'un calendrier de restitution

Durée de l'étude

La durée de la consultation sera de six mois (06) à partir de la date de signature du contrat avec le consultant

IX. TDR FACILITATION DES ECOULEMENTS DE SURFACE

1. **Faire une étude diagnostique sommaire de la zone d'étude en mettant l'accent sur :**
 - la configuration spatiale des différentes cuvettes de décantations – les interrelations entre elles et avec les autres espaces – les défis environnementaux en matière d'écoulement des eaux de pluie et celles issues de houle et des vagues qui traverses le cordon littoral – le potentiel socioéconomique – la dynamique d'occupation de cette espace en corrélation avec l'habitat et les infrastructures
2. **formuler les objectifs stratégiques**
3. **faire une esquisse de plan d'écoulement des cuvettes de décantation**
 - A. en tenant compte :
 - des zones habitées et des activités ;
 - des infrastructures directement affectées ou affectation l'écoulement des eaux ;
 - du type d'ouvrage approprié pour faciliter le déversement des eaux ;
 - B. développer les scénarii à mettre en oeuvre : scénario de statut quo et le scénario réaliste en les motivant et en n'en retenant un.
4. **Définir un plan d'actions prioritaires d'écoulement des eaux en toute période et son cadre de mise en œuvre en précisant :**
 - les objectifs du plan du plan des écoulements
 - choix des points critique d'écoulement
 - le type d'ouvrage à améliorer ou à installer
 - évaluation des coûts
 - déterminer les mesures d'accompagnement nécessaire
 - identification des partenaires susceptibles de participer au financement de l'opération
 - calendrier d'exécution du plan d'écoulement
 - proposition d'un plan de suivi évaluation

Eligibilité et profil du consultant

Le consultant doit justifier ou avoir de solides compétences en matière de gestion des ouvrages hydrauliques et de génie civile, d'étude d'impact environnementale et sociale et des connaissances sur le cadre de politique et de gestion des risques climatiques avec une expérience d'au moins 5 ans.

Il doit maîtriser le français parlé et écrit. Tous les documents doivent être rédigés en français.

Produits attendus

rapports provisoires en format papier et en format numérique
rapport final en 10 exemplaires (format papier) + 10 CDR (format numérique)
proposition d'un calendrier de restitution

Durée de l'étude

La durée de la consultation sera de quatre mois (04) à partir de la date de signature du contrat avec le consultant

PROJET PERMANENT

La cartographie du suivi du trait de cote de 2002 à nos jours a montrée que les résultats de cette étude ont déjà 8 à 9ans. Si on considère qu'au niveau du secteur au droit de Diakhanor jusqu'à Djiffère les vitesses de retrait tournent autour de 5m/an en moyenne et de (-7,05m/an) au niveau de Djiffère), Il faut dire que la situation est à l'heure actuelle beaucoup plus préoccupante.

Elle appelle :

- Un suivi permanent de l'hydrodynamique marine en face de Palmarin. Il s'agit, de l'observation de la dynamique marine de Pointe Sarène à la frontière avec la Gambie. Les données collectées sur une bonne période pourront servir dans une analyse prospective des effets éventuels de la houle et des vagues et à la modélisation et au choix des techniques de protection (épi ou digue) du littoral.
- Un suivi du secteur intérieur de la flèche pour une analyse prospective et une mise à jour des tendances futures, notamment en ce qui concerne le sud de la flèche (Djiffère), ainsi que le sud de l'ile, dont les évolutions pourraient avoir d'importantes incidences sur le delta du Saloum et les petits bolons.

Modélisation des risques que le retrait du trait de côte ferait peser sur les îles du Saloum.
Justification de la pertinence de l'inclusion du site étudié dans un futur programme régional de suivi du trait de côte

Base de données existante dans la zone
Programmes nouveaux
Fragilité naturelle : Arrière pays
Importance économique pour le Sénégal
Possibilité d'un partenariat pluri disciplinaire

Evaluation des besoins matériels et financiers pour assurer un suivi continu de la section de côte étudiée

Budget global

Identité du chercheur/prestataire principal	Structures d'appartenance et contacts	Description de la prestation	Quantité	Coût unitaire	Total
Jean Laurent Kaly	Coordonnateur projet Sénégal biogath@yahoo.fr	-Cartographie des fonds marins du littoral et traitement des données de la houle et des vagues des la zone -Suivi du trait de côte et de l'évolution de la flèche de part et d'autre de la section, au nord et au sud de Djiffère -Analyse économique de la Cr de Palmarin- Evaluation économique des ressources naturelles et des investissements Rapport d'analyse	5	45000	225 000
Sous-Total			5		225 000

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Salif Diop 1992 : Rapport de synthèse 1992, Pnud Unesco – RAF/87/038, édité par Unesco/Comaraf. 303p cartes, graphiques tableaux.

Diop & Sall, 1975 : Le Gandoul et les îles Betenti. Etude géomorphologique, Bull , Ass, Sénégal. Et. Quater. Afr., 44- 45 : 47-55

Diop ES, 1978 : L'estuaire du Saloum et ses bordures (Sénégal) Etude géomorphologique, Strasbourg université Louis Pasteur, Institut de Géographie, (Thèse de 3ème cycle) 247p.
CC DARE DAT, 2010 : Modélisation de la zone Rufisque Bargny (Avant, maintenant et après) 30p, cartes, photos, graphiques, annexes. Etude réalisée par TROPIS Environnement Sénégal et DHI (Danmark)

Diaw AT ; 1992: Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal. Actes de l'Atelier de Gorée 27 et 29 juillet 1992. 485p tableaux, cartes, graphiques, photos

DEEC ; 1999 : Stratégie nationale de mise n œuvre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

DEEC ; 2007 : Rapport nationale sur l'Etat de l'environ marin et côtier Sénégal. 32p, cartes, tableaux.

DEEC, 1999 : deuxième communication nationale, 80p, cartes, tableaux

Faye 2010 « Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes ».Thèse de doctorat

Niang Isabelle; 1994 : Les problèmes environnementaux de la côte du Sénégal. In dossier Eco guide Janvier 1994.

MARIUS C ; 1985 : Mangrove du Sénégal et de la Gambie : écologie – pédologie – géochimie. Mise en valeur et aménagement édition orstom /Ird 1985 ; 356pcartes graphique histogrammes

MARIUS C ; 1979 : Les Mangroves du Sénégal : Ecologie ; Pédologie ; Utilisation. 84p cartes graphiques tableaux, photos, annexes.

Michel, P, 1973 : Les bassins du fleuve Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique, Paris, Orstom, coll. Mémoires, 752p.

Michel P, 1969 : Recherches sur le Quaternaire en Afrique occidentale, Suppl, bull. AFEQ., 143-153.

Inqua – Asequa 1986 : Les changements globaux en Afrique durant le quaternaire. In symposium international. Dakar 1986 Excursion n°3 Casamance 50p, cartes, photos, graphiques, croquis.

Sall M, 1983 : Dynamique et morphogénèse actuelles au Sénégal occidental, Strasbourg, université Louis Pasteur (Thèse de doctorat d'Etat), 3 vol., 604p.

Mamadou Sall ; 1980 : Télédétection de quelques géosystèmes littoraux. Rapport Tecasen n°2, département de géographie FLSH/université de Dakar.

Unesco, 1984 : Atelier d'étude des mangroves et de l'estuaire du Saloum. Rapport final EPEEC, Dakar, Décembre 1984, 175p, planches, carte, graphiques.

OCDE, 2007 : « politiques en matière de changement climatique : les messages clés de l'OCDE » octobre 2007.

PLD, 2001 : plan local de développement de Palmarin Facao (2003 à 2008). Conseil Régional de Fatick, 87p

Thiam Mame Demba, 1986 : Géomorphologie, Evolution et Sédimentologie des terrains, salés du Sine Saloum (SENEGAL) Thèse de doctorat 3ème cycle Université de Paris 1 ; 186p, cartes croquis, graphiques tableaux annexes

Serge Suanez, Bernard Fichaut et Lénaïg Sparfel, 2008 : Méthode d'évaluation du risque de submersion des côtes basses appliquée à la plage du Vougot, Guissény (Bretagne) paru dans la revue Géomorphologie : relief, processus et environnement n°1. 2008 p. 319-334, photo, cartes, graphiques, tableaux.

Elouard & Rosso, 1977 : biogéographie et habitat des mollusques actuels laguno-marins du delta du Saloum, Géobios, 10(2) 275-299.

Hebrard, 1972 : une épisode du quaternaire en Mauritanie (Afrique occidentale) à la fin du Nouakchottien : le Tafolien 4000-2000 ans avant le présent, Bull, Liaison, Asequa, 33 (34) : 5-15.

Bellion et Debenay, 1986 : « Peuplements de foraminifères marquant la transition entre les domaines continental et océaniques dans les milieux paraliques du Sénégal ». In PICE, Unesco, Working group on african continental sediments, 210, 45p.

Marius et Lucas, 1977 : Evolution du golfe de Casamance au quaternaire récent et changement de la végétation et des sols de mangrove liés à a sécheresse actuelle : 293-296, in H Faure & al (eds) changements globaux en Afrique durant le quaternaire (Symposium international INQUA6ASEQUA, Dakar 21 28 avril 1986), Paris, Orstom, coll. Travaux et Documents, 197, 516p.

Cormier Salem, 1999 : Rivières du Sud : Sociétés et mangroves ouest africaines. 2vols. 704p edt. IRD

Barusseau 1980 : caractères hydrodynamiques : 11-27 in EPEEC,, Atelier des mangroves au sud de l'estuaire du Saloum : Diomboss –Bandiala (Dakar) 1980.

Rebert, 1974 : Observation du courant sur le plateau continental du Sénégal de Dakar au Cap Roxo, Dakar, Archives CRODT /ISRA. Campagne LA74610, 4.

Rebert, 1977 : Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais, Dakar, CRODT/ISRA Dakar Thiaroye Document scientifique 89 ; 99p.

Masse, 1968 : Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar (Sénégal). Essai d'analyse de la sédimentation biogène, Dakar. Faculté des sciences, Rap. Lab. Géol.

Kane, 1992 : Evolution historique du découpage du littoral sénégalais : 23-28, in A T Diaw & al (eds) Gestion des ressources côtières et littorales (Actes de l'atelier de Gorée 27-29 juillet 1992), Gland, Suisse, UICN, 485p.

FICHES DE METADONNEES (DECRIANT LES DONNEES UTILISEES SELON
 LA NORME ISO 19115)

IDENTIFICATION	Titre	ACCC_Palmarin		
	Résumé			
	Thème(s)	Erosion littorale		
	Mots-clés	Evolution du trait de cote, cartographie multidates,		
		1968-2002		
	Langues	Français		
	Auteur(s)	Jean Laurent Kaly, Sokhna Helene DIOP		
	Contact(s)			
	Type des données (jeu, collection)	Shape		
	Format des données	vecteur, raster		
	Date de création	2010 07 01		
	Date de dernière modification	2010 07 15		
	Fréquence de mise à jour	indeterminée		
	Période de validité des données	3 ans		
	Status (progression)			
	Contraintes d'accès	Neant		
	Contraintes d'utilisation	Neant		
ORGANISATION	Type de représentation spatiale	carte		
ET CONTENU	Type d'objet vectoriel	ligne		
	Présentation topologique (V/F)			
	Description générale du contenu			
	Description des attributs :			
	Nom_attribut1	neant		
	Type_attribut1	neant		
	Contenu_attribut1	neant		

ETUDE REGIONALE DE SUIVI DU TRAIT DE COTE ET ELABORATION D'UN SCHEMA DIRECTEUR DU LITTORAL DE L'AFRIQUE DE L'OUEST
UEMOA - UICN

LOCALISATION	Echelle du jeu de données			
	Extension géographique :			
	Nord	nord géographique		
	Sud			
	Est			
	Ouest			
	Système de coordonnées géographiques	Geographique		
Système de coordonnées projetées	UTM			
Ellipsoïde de référence	WGS 84 Zone 28 Nord			
QUALITE	Précision spatiale	(+)ou(-)2,5 m		
	Précision temporelle	10 ans		
	Précision sémantique			
	Exhaustivité			
	Sources	photo aérienne panchromatique Corona 1968		
			Géoreferencement de l' image, numérisation	
	Processus appliqués aux sources	du trait de cote par photointerpretation		
DISTRIBUTION	Format de données	numerique		
	Version			
	Taille	15 ko		
	Contact distibuteur	ACCC_ Jean L. Kaly		
METADONNEES	Nom	cartographie multidates du trait de côte 1968-2002		
	Date de création	2010 07 01		
	Dernière date de modification	2010 07 15		
	Langue	Français		
	Nom du standard de métadonnées			
	Auteur(s)	Jean Laurent Kaly/Sohna H DIOP		

**ETUDE REGIONALE DE SUIVI DU TRAIT DE COTE ET ELABORATION D'UN SCHEMA DIRECTEUR DU LITTORAL DE L'AFRIQUE DE L'OUEST
UEMOA - UICN**

IDENTIFICATION	Titre	ACCC_Palmarin	
	Résumé		
	Thème(s)	Erosion littorale	
	Mots-clés	Evolution du trait de cote, cartographie multitudes	
		1968-2002	
	Langues	Français	
	Auteur(s)	Jean Laurent Kaly, Sokhna Helene DIOP	
	Contact(s)		
	Type des données (jeu, collection)	Shape	
	Format des données	vecteur, raster	
	Date de création	2010 07 01	
	Date de dernière modification	2010 07 15	
	Fréquence de mise à jour	indeterminée	
	Période de validité des données	3 ans	
	Status (progression)		
	Contraintes d'accès	Neant	
	Contraintes d'utilisation	Neant	
ORGANISATION	Type de représentation spatiale	carte	
ET CONTENU	Type d'objet vectoriel	ligne	
	Présentation topologique (V/F)		
	Description générale du contenu		
	Description des attributs :		
	Nom_attribut1	neant	
	Type_attribut1	neant	
	Contenu_attribut1	neant	
LOCALISATION	Echelle du jeu de données		
	Extension géographique :		
	Nord	nord géographique	
	Sud		
	Est		
	Ouest		
	Système de coordonnées géographiques	Geographique	
	Système de coordonnées projetées	UTM	
	Ellipsoïde de référence	WGS 84 Zone 28 Nord	

**ETUDE REGIONALE DE SUIVI DU TRAIT DE COTE ET ELABORATION D'UN SCHEMA DIRECTEUR DU LITTORAL DE L'AFRIQUE DE L'OUEST
UEMOA - UICN**

QUALITE	Précision spatiale	(+)ou(-)5m	
	Précision temporelle	10 ans	
	Précision sémantique		
	Exhaustivité		
	Sources	Image SPOT HRG 2002 couleur	
		correction géographique,	puis
		numérisation	
	Processus appliqués aux sources	du trait de cote par photointerpretation	
DISTRIBUTION	Format de données	numérique	
	Version		
	Taille	19 ko	
	Contact distributeur	ACCC_ Jean L. Kaly	
METADONNEES	Nom	cartographie multidates du trait	
		de côte 1968-2002	
	Date de création	2010 07 01	
	Dernière date de modification	2010 07 15	
	Langue	Français	
	Nom du standard de métadonnées		
	Auteur(s)	Jean Laurent Kaly/Sohna H DIOP	

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation de la CR de Palmarin	9
Photo 1: Image SPOT 2002 de la communauté rurale de Palmarin avec l'île de Sangomar au Sud	11
Tableau 1 : Succession des grandes étapes du Quaternaire sénégalais.....	14
Figure 2 : Les différentes phases d'évolution géologiques du delta du Saloum et de la flèche de Sangomar de 1728 à 1981 In Thiam (1986),	16
Figure 3 : Les ensembles morphodynamiques du delta du Saloum (après la phase quaternaire).....	18
Figure 3 BIS : La zone de coupure de la flèche de Sangomar sous la croisée des flux divers. (cf. encadré figure 3)	20
Figure 4 : Les côtes du Sénégal	22
Photo 2 :	23
Photo 3 :	24
Photo 4 :	25
Figure 5 : Dynamique d'évolution du sud de la flèche de Sangomar entre 1972 et 1981 ...	26
Photo 5 :	26
Figure 6 : Recul du trait de cote sur le littoral au sud de Dakar	27
Tableau 2 : Estimation du taux de recul du trait de côte sur 3 périodes.....	28
Figure 7 : Différentes phases de croissance de la flèche de Sangomar de 1927 à 1987 ...	29
Figure 8 : Morphologie des fonds marins au niveau de Lagoba.....	30
Tableau 3: Normale mensuelle de la direction des vents entre 1961 et 1990 (en %).....	34
Tableau 4 : Normale mensuelle de la vitesse des vents entre 1961 à 1990	35
Tableau 5 : Un exemple de bois sacré dans un village, les tenants du culte et le mode d'accès.....	38
Tableau 6 : Evolution démographique : Source : Recensements administratifs de 1999, 2003, 2004-2005.....	42
Tableau 7 : Typologie des pertes socio économiques et culturelles.....	45

Figure 9 : Répartition des types d'habitat recensés au village de Diakhanor en 1987.	46
Figure 10 : Position des logements par rapport à la mer	46
Tableau 8 : Répartition des pertes en logements.....	47
Figure 11 : Etat des logements à l'abandon	47
Tableau 9 : Etat des pièces à l'abandon et distance par rapport à la mer	47
Tableau 10 : Répartition des équipements perdus	48
Figure 12 : Proportion des pertes en équipement.....	49
Tableau 11 : Répartition des pertes en provision.....	50
Tableau 12 : Répartition du bétail perdu.....	50
Tableau 13 : Valorisation des pertes.....	55
Tableau 14 : Structure par âge des habitats sur le nouveau site.....	57
Figure 13 : Evolution des pièces de relogement depuis 1987.....	57
Tableau 15 : Fréquence des pièces de relogement de 1987 à 2009	57
Tableau 16 : Principaux investissements indirects sur le nouveau site.....	59
Tableau 17 : Coûts de relogement sur le nouveau site	60
Photo 6 : photographie Corona à gauche et Image SPOT à droite représentant la flèche de Sangomar avant et après la coupure.....	62
Photo 7 : Différenciation de la ligne de référence à partir d'une image SPOT couleur.....	63
Photo 8 : Différenciation de la ligne de référence à partir d'une image SPOT couleur : agrandissement de la vue pour une meilleure différenciation	63
Photo 9 : Qualité de la photo Corona	64
Photo 10 : Qualité de la photo Corona	64
Photo 11 : identification de la limite d'humectation d'estran sur photographie panchromatique.....	65
Photo 12 : Identification des lignes de référence sur photographie Corona	66
Figure 13 bis : Schéma descriptif des fichiers générés par le «DSAS»	67
Figure 14 : courbe illustrant les évolutions du trait de côte de 2002 par rapport à 1968....	68
Figure 15 : Evolution de la limite d'humectation d'estran de Fata Ngoussé à Djiffère entre 1968 et 2002	73

Figure 16 : Evolution de la limite d 'humectation d'estran sur la façade atlantique de l'île de Sangomar au sud de Djiffère entre 1968 et 2002 74

Tableau 18 : Présentation synthétique des résultats par secteur 75

Tableau 19 : Présentation synthétique des résultats par secteur 75