



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

ETUDE DE CAS AU SENEGAL

ETUDE DE LA DYNAMIQUE DU
CORDON LITTORAL DU GANDIOLAIS
SUR L'AXE SAINT LOUIS - NIAYAM



ETUDE DE LA DYNAMIQUE DU
CORDON LITTORAL DU GANDIOLAIS
SUR L'AXE SAINT LOUIS - NIAYAM

Pr Boubou Aldiouma & al

TABLE DES MATIERES

I.	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	4
II.	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	7
2.1	ANALYSE DE L'INFLUENCE DES AGENTS HYDRODYNAMIQUES ET CLIMATIQUES SUR LA DYNAMIQUE DU CORDON LITTORAL GANDIOLAIS	9
2.2	ANALYSE SOCIO-SPATIALE DE LA ZONE D'ETUDE (LANGUE DE BARBARIE ET FRANGE LITTORALE DU GANDIOLAIS).....	24
2.3	FACTEURS ANTHROPIQUES DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL GANDIOLAIS.....	29
III.	APPROCHE METHODOLOGIQUE	33
3.1	LE SUIVI DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE PAR IMAGERIE SATELLITAIRE.....	33
3.2	L'ACQUISITION DES DONNEES DE TERRAIN.....	40
IV.	EVOLUTION DIACHRONIQUE DU TRAIT DE CÔTE	44
4.1	EVOLUTION DU TRAIT DE COTE POUR LES PERIODES 2003-2006, 2006-2008 ET 2008-2010	44
4.2	EVOLUTION DU TRAIT DE COTE SUR LA PERIODE 2003-2010.....	50
V.	PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS OBTENUS	54
5.1	RAPPEL DE LA GOUVERNANCE DE LA GESTION DURABLE DU LITTORAL ET LUTTE CONTRE L'EROSION COTIERE	54
5.2	ANALYSE DES DONNEES GRANULOMETRIQUES	56
5.3	ANALYSE DE LA POPULATION GRANULOMETRIQUE DE LA BRECHE.....	59
5.4	SUIVI GRANULOMETRIQUE D'UN NDIUKIS A GADGA LAHRAR	60
5.5	ANALYSE DES DONNEES D'ENQUETES ET D'ENTRETIEN	62
VI.	PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS.....	66
VII.	PERSPECTIVES	68
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	74
	METADONNEES	77
	LISTE DES ILLUSTRATIONS	83
	QUESTIONNAIRE	86
	QUESTIONNAIRE PORTANT SUR LES COLLECTIVITES COTIERES VIVANT DIRECTEMENT LES EFFETS DE L'EROSION DU CORDON GANDIOLAIS.....	93

I. CONTEXTE DE L'ETUDE

Ce travail s'inscrit dans le cadre du Programme Régional de Lutte contre l'Erosion Côtière en Afrique de l'Ouest (PRELEC). Les recherches portant sur les phénomènes d'érosion ont démontré que les côtes ouest africaines sont soumises à une forte dynamique : le port de Nouakchott (en Mauritanie) n'a été stabilisé que grâce à un ouvrage bétonné lourd, le cordon littoral de la Langue de Barbarie au Sénégal a perdu des milliers de mètres depuis le milieu du XVIIème siècle, les villes côtières de Rufisque, de Bargny, de Saly, etc. sont très menacées par l'érosion, le cordon littoral de Sangomar a disparu. Blivi¹ (1999) observe des vitesses de recul du trait de côte à certains endroits du Togo à une dizaine de mètres par an, etc.

"L'érosion côtière qui est exacerbée par la destruction des écosystèmes de mangroves, est devenue préoccupante en de nombreuses régions (de l'ordre de 1 à 2 mètres par an en certains endroits de Côte-d'Ivoire, de Gambie ou d'autres pays africains, elle peut atteindre 20 à 30 mètres par an au Nigeria). Elle est la cause dominante de la disparition accélérée de beaucoup d'écosystèmes et habitats comme les lagunes, les terres humides, les mangroves et les récifs côtiers, ainsi que de leur biodiversité. La détérioration de la qualité des eaux côtières et du paysage côtier menace gravement certaines destinations touristiques traditionnelles, et fait obstacle au développement plus intensif du tourisme. Cette situation est particulièrement grave dans les petits pays insulaires où le territoire national consiste seulement en des zones côtières. Cette situation combinée à la détérioration de l'environnement affecte la subsistance des populations et réduit la contribution des ressources côtières au PNB" (Extrait du rapport du sommet de Johannesburg).

De manière plus spécifique, ce rapport étudie le dynamisme de la Langue de Barbarie qui est soumise à divers facteurs d'érosion, naturels et anthropiques. A cela s'ajoute l'ouverture artificielle d'un canal de délestage, en octobre 2003, sur le cordon dunaire pour préserver la ville de Saint-Louis des inondations. Cette brèche de 4 m de large au départ a atteint environ 1,4 km de large en février 2006 (Mietton et al. 2006). Il apparaît ainsi autour de ce cordon, une modification de l'écosystème côtier (recul du trait de côte, salinisation des eaux, modification de la végétation, etc.) avec toutes ses conséquences.

Au total, le cordon littoral gandiolois (dunes en bordure de mer et berges du fleuve) subit actuellement deux types de dynamiques sur une longueur de 25 km :

- la dynamique de recul: le cordon subit les assauts des vagues qui sapent sa base par l'effet des mouvements de ressac ;
- la dynamique accumulative: les sables de la haute plage peuvent s'assécher entre deux mouvements de marée et engraisser le cordon par vents favorables.

Le recul de la plage a été constaté à plusieurs endroits du littoral gandiolois. Sur la Langue de Barbarie, le recul se manifeste par un rétrécissement de la plage occasionnant beaucoup de dommages:

¹ In Erosion côtière dans le Golf de Guinée en Afrique de l'Ouest : Exemple du Togo (1999)

effondrement de 14 maisons au quartier de Goxxu mbacc en avril 2009 et de 30 maisons au quartier de Guet Ndar en mars 2010.

réduction de la superficie de l'îlot aux oiseaux passant de 2 ha à 0,5 ha.

Sur les berges du fleuve Sénégal, le recul se manifeste par le rétrécissement de la plage occasionnant beaucoup de dommages :

- menace de disparition du village de Doun Baba DIEYE situé à 7 km de Saint Louis en face de la brèche en mars 2010;
- recul progressif de la falaise à hauteur de Gadga Lahrar;
- risques d'engloutissement des espaces maraichers;
- risque de disparition de Gadga Lahrar.

Les plages de Niayam et de l'hydrobase sont caractérisées par une dynamique d'accumulation occasionnant des phénomènes d'ensablement des Ndioukis adjacents au cordon blanc et des établissements touristiques.

- A Niayam (Potou), l'accumulation se manifeste par la forme des plages (plates). La présence des Nebkas constitue la preuve d'une dynamique éolienne très active. Le sable exporté de l'estran au revers du cordon est remobilisé par le vent et déposé dans les cuvettes maraichères de Potou. L'ensevelissement progressif des ndioukis est corollaire à la baisse de fertilité des sols.
- A l'hydrobase, le sable remobilisé constitue une contrainte pour les établissements touristiques.

La côte Saint Louisienne a été longtemps caractérisée par un recul permanent de la ligne de rivage naturelle ou trait de côte, des coupures fréquentes et des changements d'embouchure.

Depuis 1850, quelques 20 ruptures d'inégale importance ont été enregistrées sur la Langue de Barbarie (LB). Les plus notables ont eu lieu en 1894 et 1959, la plus récente est intervenue en 1973. Depuis cette date, le cordon sableux poursuit sa migration vers le sud; cette dynamique implique la mobilisation et le dépôt de sédiments sur le bord nord du cordon et l'érosion du bord sud. KANE² (1993) estime le volume annuel de sable apporté à la pointe de la Langue de Barbarie à environ 600 000 m³.

L'embouchure du fleuve Sénégal a donc toujours été sujette à une forte mobilité spatiotemporelle. L'emplacement actuel de l'embouchure au sud de Saint Louis daterait du milieu du XVIIe siècle; elle a fréquemment migré vers le sud, entraînant dans sa progression la flèche littorale de la Langue de Barbarie qui ne s'est élargie, ni surélevée depuis son origine. Les forts courants marins entraînent une sédimentation marine, ce qui oblige le fleuve à éroder la côte, occasionnant l'allongement de la Langue de Barbarie. La flèche sableuse est donc soumise à un intense alluvionnement qui fait que la profondeur du bief diminue considérablement, empêchant un déversement correct des eaux en mer et occasionnant des inondations à Saint Louis et dans ses environs.

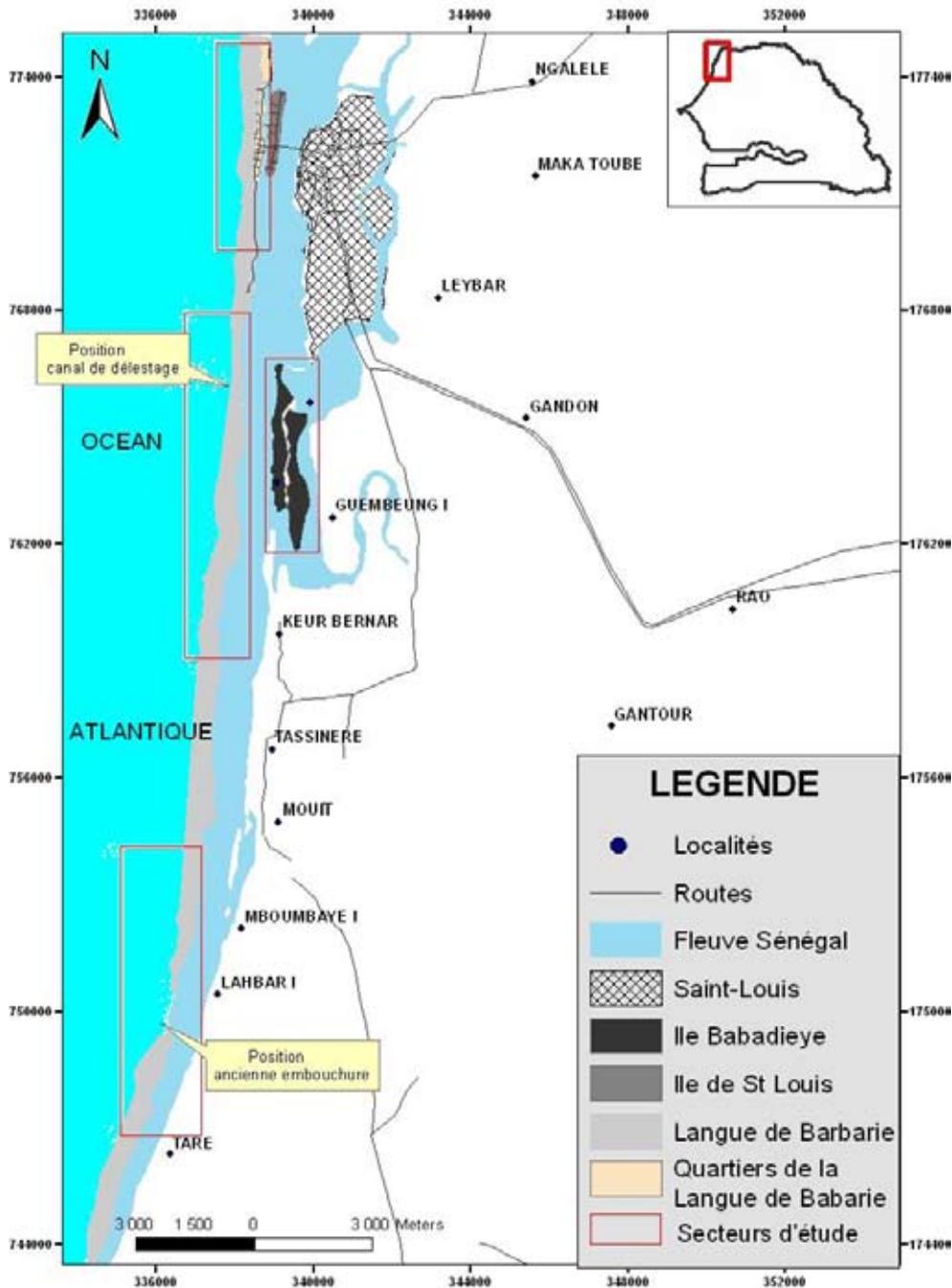
² KANE, A. et BARUSSEAU, J.P. (1993). «Caractéristiques hydrologiques, sédimentologiques et morphologiques du Bas estuaire du Sénégal». Rapport C.A.M.P.U.S, pp.53-62.

En somme, la synthèse des travaux antérieurs, cumulée aux observations de terrain, montrent actuellement que le cordon littoral gandiolaï traverse une crise morphogénique. L'évolution géomorphologique révèle que les conditions ayant présidé à la mise en place de ces paysages ont fondamentalement changées: le principal objectif de ce travail est de favoriser une meilleure compréhension des dynamiques et des risques qui découlent de l'érosion des plages gandiolaï.

II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude fait partie du bas delta du fleuve Sénégal. Elle correspond à l'axe barrage de Diama-embouchure du fleuve Sénégal et prend en partie la frange maritime du Gandiolais (partie septentrionale de la région naturelle des Niayes). Elle couvre 25 km de côte, allant du quartier de Goxxu mbacc à Niayam, limite Sud de l'ancienne embouchure (fig. 1).

Figure 1: Localisation de la zone d'étude



(réalisée par CSE)

Ce segment se couvre d'un paysage essentiellement dunaire; le cordon blanc peut atteindre 10 à 15 m d'altitude dans le Nord au bord de l'embouchure. Le secteur étudié est marqué par l'absence de l'affleurement des formations secondaires et tertiaires, qui sont recouvertes par des dépôts meubles du quaternaire récent.

Le cordon dunaire gandiolais s'est édifié au Tafolien, entre 4000 et 2000 ans B.P. durant l'épisode morphoclimatique post-nouakchottien. On évalue sa longueur à environ 30 km et sa largeur entre 200 et 400 m . Cette dernière est parfois inférieure à la minimale sur l'unité la plus récente de la Langue de Barbarie qui se présente sous la forme parabolique, épousant la configuration de la côte (CAMARA, 2003). L'unité se présente sous la forme parabolique, épousant la configuration de la côte (CAMARA, 2003). Cette unité géomorphologique est représentée par la Langue de Barbarie et les cordons vifs constitués par les berges du fleuve Sénégal.

La Langue de Barbarie est une flèche sableuse qui sépare l'océan atlantique et l'estuaire du fleuve Sénégal dans la partie septentrionale de la grande côte sénégalaise entre les méridiens 16°23' et 16°35' de longitude ouest et les parallèles 15°45' et 16°15' de latitude nord.

Du point de vue longitudinal, la Langue de Barbarie peut être divisée en trois segments: un segment proximal qui part de la racine de la flèche à l'hydrobase. Un segment médian allant de l'hydrobase à la hauteur du village de Tassinère. Une partie terminale qui s'étire de Tassinère à l'extrême sud de l'ancienne embouchure (partie terminale de la flèche).

Cette flèche littorale abrite les quartiers de Guet Ndar et Goxxu mbacc et le Parc National de la Langue de Barbarie. Il est aussi le lieu de débarquement des pêcheurs, site d'implantation de 20 établissements touristiques.

Sur l'avant pays du coté fleuve, l'étude concerne les cordons formant les fragments d'îles telle l'île Baba DIEYE. Il concerne également la rive gauche de la Lagune de Mboumbaye (jonction brèche-ancienne embouchure qui se trouve actuellement à Niayam). Sur l'arrière pays, l'étude prend en compte les dépressions interdunaires qui abritent les activités de maraîchage (Mboumbaye, Gadga Lahrar, Mouit, Tassinère, Potou, etc.).

2.1 ANALYSE DE L'INFLUENCE DES AGENTS HYDRODYNAMIQUES ET CLIMATIQUES SUR LA DYNAMIQUE DU CORDON LITTORAL GANDIOLAIS

1. Analyse du rôle des facteurs hydrodynamiques dans le rétrécissement de l'estran

Les agents responsables des différentes circulations hydrodynamiques sur les côtes sableuses sont en majorité des phénomènes oscillatoires qui se manifestent à différentes échelles spatio-temporelles. Ces facteurs sont: Les houles, les vagues et les marées.

a. Transport sédimentaire induit par la houle le long de la côte gandiolaïse

La côte gandiolaïse subit deux types de houles: Une houle de direction NW et une autre de direction SW. SALL (1982) a procédé à des enregistrements de houle au large du gandiolaïse, soient au total 441 observations entre 1969 et 1971. Ces travaux lui ont permis de montrer que: Les houles Ouest-Nord à Nord-Ouest occupent 98 % des observations alors que celles du Sud-Ouest représentent moins de 2 %. La houle modale à une classe de période comprise entre 12 et 13,9 secondes et une classe de hauteur comprise entre 100 et 149 cm. Elle représente 57,40 % des situations.

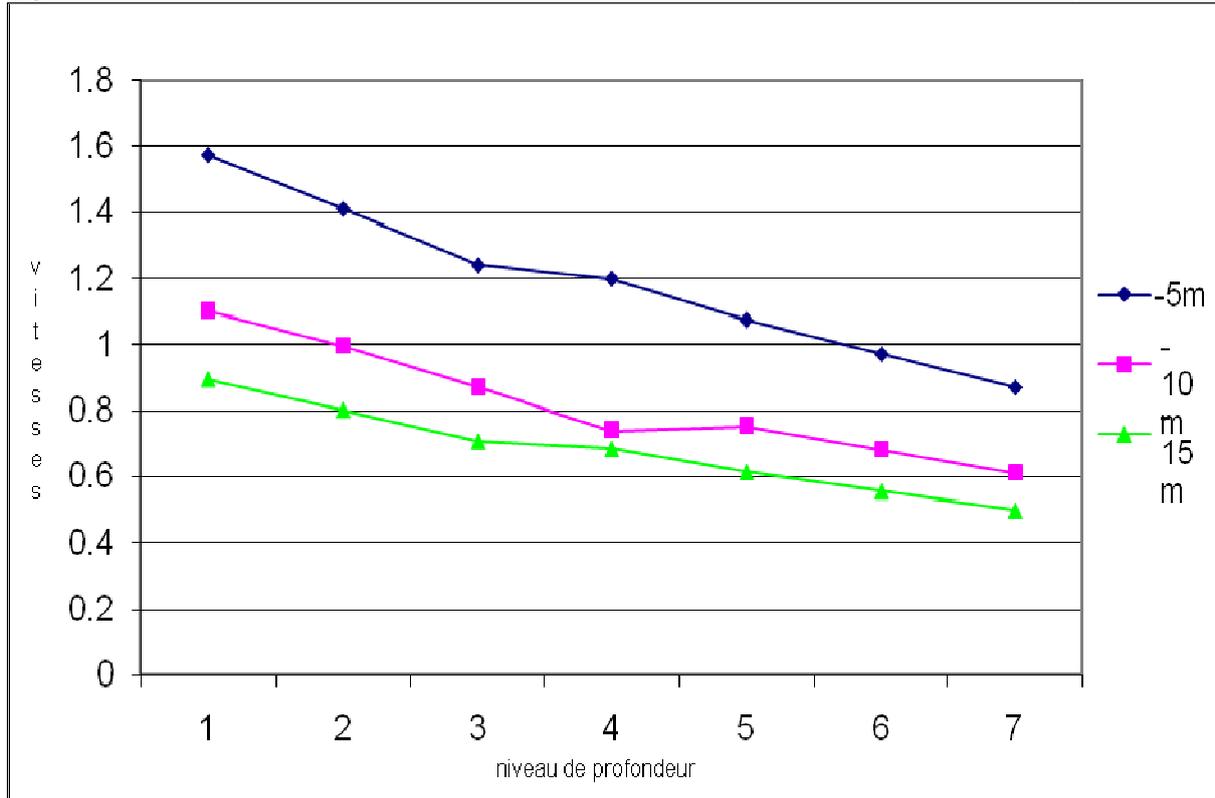
Selon GUILCHER (1954), la houle du NW a pour origine les tempêtes d'ouest des hautes latitudes (55°60 N) de l'Atlantique Nord. Pendant l'hiver boréal, l'amplitude de la houle est généralement plus forte pendant le reste de l'année. La valeur moyenne est comprise entre 1 m et 1,60 m et les houles NW se propagent à une vitesse de l'ordre de 22 m/s avec une période de 14 s. Cette houle atteint la côte sous forme de trains d'onde de grande longueur. La houle NW contribue au façonnement et à la dynamique du littoral gandiolaïse.

Quant aux houles du SW, elles arrivent sur les côtes sénégalaises vers août et septembre. Sur la côte gandiolaïse, elles sont affaiblies par la diffraction autours de la presqu'île du Cap Vert qui forme pour elle un écran dont l'abri englobe la langue. Ainsi, les houles du SW plus occidentales nées dans la région de Falkland, sont arrêtées par la tête de la presqu'île qui les amortit considérablement (GUILCHER, 1954). Elles se font sentir au large du gandiolaïse avec des amplitudes de 0,80 et 1,20 m pour une période de 5 à 10 secondes, elle n'a pas un très grand impact sur la dynamique du littoral gandiolaïse. Ce courant de houle aborde la côte de manière oblique: c'est la dérive littorale. Pendant cette période de l'année, il faut noter un engraissement maximum de la plage et par conséquent un changement de profil du littoral. Durant la période allant de mai à novembre, les houles sont beaucoup moins fortes à Saint Louis car pendant l'été Boréal, les vents sont beaucoup moins forts dans l'Atlantique Nord. Les vagues sont des manifestations des houles au rivage.

b. Transport sédimentaire induit par les vagues le long des plages gandiolaïses

Les vagues résultent d'une agitation de la surface de l'eau, comportant une crête régulière qui se propage à peu près dans la même direction que les autres. Lorsqu'une périodicité parfaite est atteinte, on parle de houle. L'action des vagues sur les rivages varie en fonction du niveau de fond (SALL, 1982); l'expression graphique de ses observations visualise mieux ce phénomène (figure 2).

Figure 2 : Variation des vitesses des houles en cm/s en fonction des niveaux de profondeur



(SALL, 1982)

A l'approche du rivage, lorsque la profondeur est inférieure à deux fois la hauteur de la vague, elle se déferle sur la plage et perd tout son énergie car à l'approche du rivage l'amplitude de la vague croît en raison de la faible profondeur jusqu'à atteindre une hauteur critique responsable du déferlement.

Selon CAMARA (2003), le rôle des vagues de mer est en fait mineur par rapport à celui de la houle mais en saison sèche, leur action vient renforcer le travail de la houle et de la dérive littorale. En effet, elles prennent en charge et brassent les matériaux fin et grossier arrivés sur le littoral. Durant la saison des alizés de novembre à mai, les vagues sont plus hautes et sont orientées plus au nord que pendant le reste de l'année. Les déferlements se font sur la côte sous la forme de gros rouleaux de façon très fréquente. Elles ont pour effet une évolution très rapide du profil de plage.

En substance, la houle engendre des courants de dérive et des vagues. Dans le cas général, la vague déferlante est la manifestation extérieure de la houle. Selon GUILCHER (1954) «elle agit par creusement vertical dans le déferlement et le jet de rive, par érosion laminaire, par ruissellement dans la nappe de la descente. L'action de la vague combinée à celle des houles se traduit par une érosion du cordon. Les sédiments prélevés par les vagues peuvent être déplacés par le courant de dérive littorale. Celui-ci est causé par les vagues orientées par les vents dominants. Ce mécanisme est responsable du transport des sédiments sur la côte. En fonction de la taille des sédiments, les processus de transport varient.

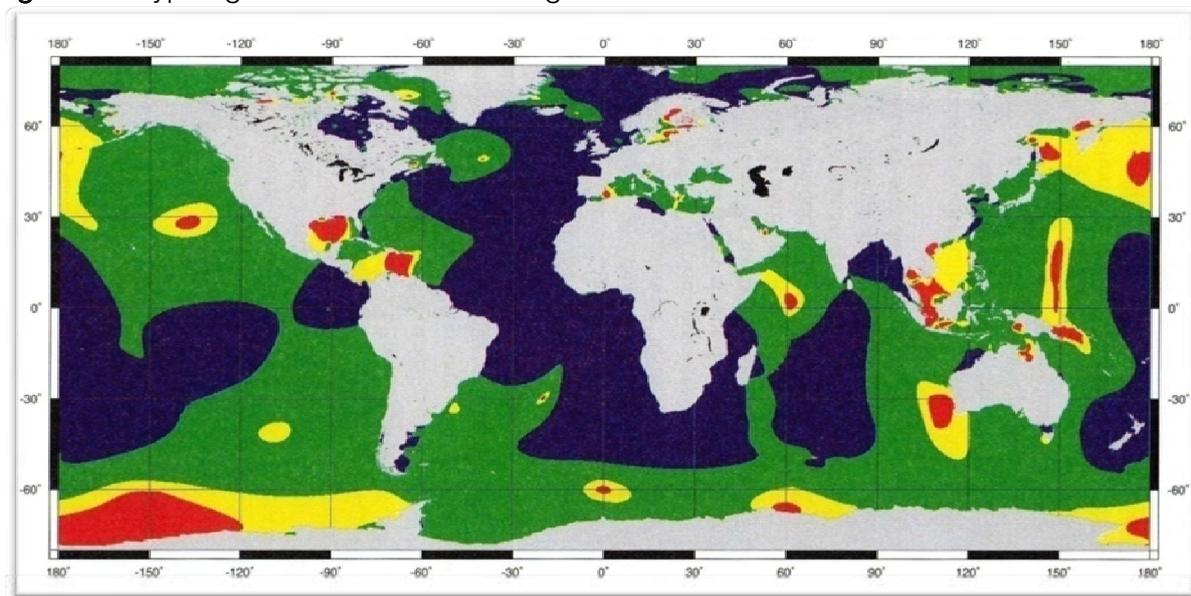
Les sables et les graviers transportés servent d'abrasifs pour mitrailler la base du cordon. L'action de l'eau sur le matériel s'établit comme suit :

- pression de l'eau contre les parois pouvant atteindre 30 tonnes/m²;
- succion qui accompagne l'énergie et le retrait des vagues (arrachage des débits solides);
- vibration par la suite de chocs successifs (phénomène de résonance).

c. Transport sédimentaire induit par les marées le long de la côte gandiolaïse

La géométrie des océans va permettre plus ou moins bien le développement de l'onde de marée selon ses composantes prédominantes (figure 3).

Figure 3 : Typologie des marées selon la géométrie des océans



(Type semi-diurne = bleu, type diurne = rouge, semi-diurne-inégalité-diurne= vert, mixte = jaune)
(GOURIOU, 2009)

Le bassin Atlantique à laquelle appartient la côte du Gandiolois est plus long que large. Elle permet le développement d'onde de 12 heures donc semi-diurnes (2 marées/24 h). Le Pacifique et l'Océan Indien, aux dimensions plus grandes, autant en largeur qu'en longueur, permettent aussi bien le développement d'ondes diurnes que semi-diurnes. Ceci explique que les marées y sont souvent mixtes, c'est-à-dire alternent entre diurnes et semi-diurnes. Ce qui donne un régime régulier. Les petites mers comme la Baltique et le golfe du Mexique permettent surtout le développement des ondes diurnes; et n'ont donc qu'une marée par journée de 24 h.

Les données de marées journalières au large de Saint Louis, téléchargées sur le site «Shoom»³, le 14 mai 2009 ont donné les résultats résumés dans le tableau 1.

³ Shoom est un site Internet qui permet de télécharger les données océanographiques. www.shom.fr.

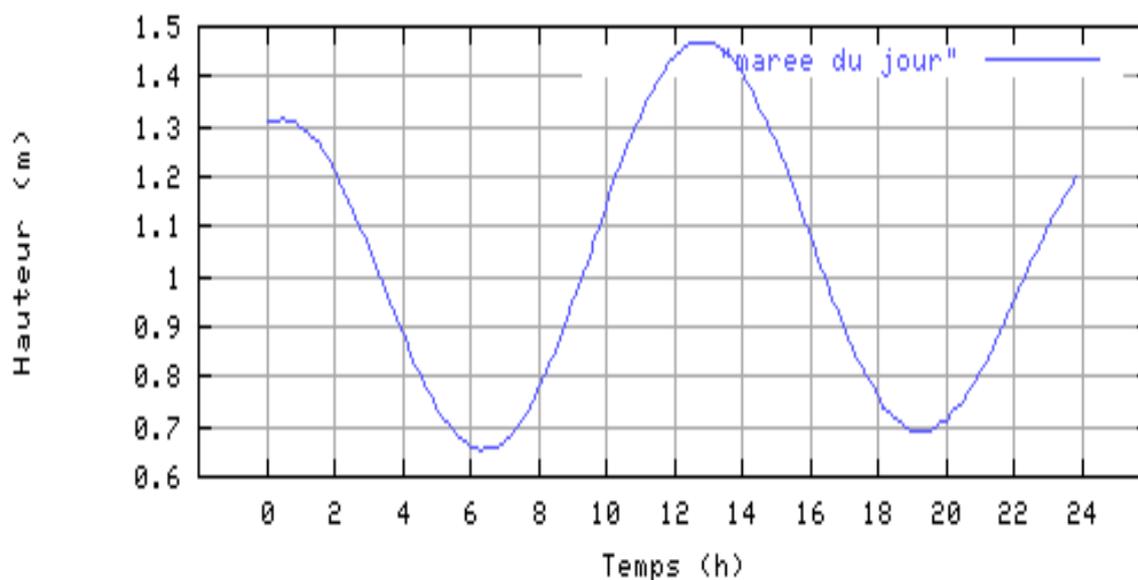
Tableau 1 : Données des marées au large de Saint Louis, le 14 mai 2009

mai 2009									
Date		Pleines mers				Basses mers			
		matin	Hauteur	soir	hauteur	matin	hauteur	soir	hauteur
jeudi	14	0h 27	1,32 m	12h 49	1,47 m	6h 23	0,65 m	19h 15	0,69 m

Les paramètres sur lesquels nous avons travaillé sont les suivants :

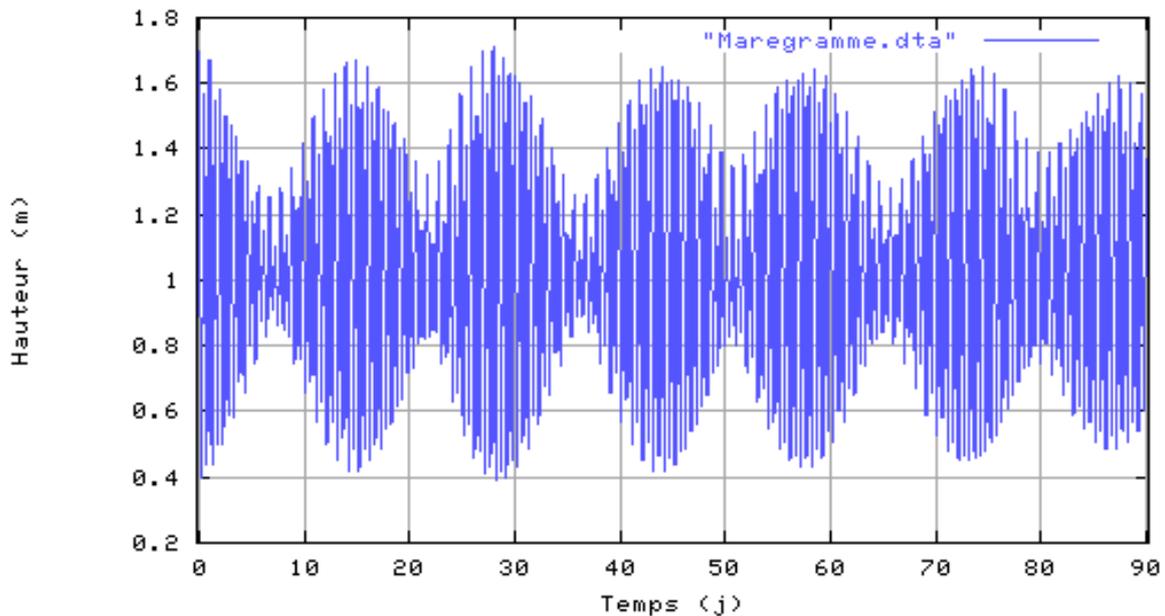
- le marnage: c'est la différence de hauteur entre pleine et basse mer successive;
- l'amplitude de marée: c'est la différence entre la hauteur d'une pleine ou basse mer et le niveau moyen (CHAVEROT, 2006). Les résultats suivants sont obtenus:
- marnage journalier maximum est 0,78 m;
- le marnage journalier minimum est 0,57 m. Le niveau moyen des marées journalières s'élève à 1, 03 m. Ce qui a permis d'évaluer l'amplitude de marée qui s'élève à 0,67 m (figure 4).

Figure 4 : Variations journalières des hauteurs d'eau au large de Saint Louis



Les variations journalières des hauteurs d'eau au large de Saint Louis traduisent la hauteur d'eau en fonction du temps (figure 5).

Figure 5 : Hauteur d'eau en fonction du temps à partir de 12 février 2009



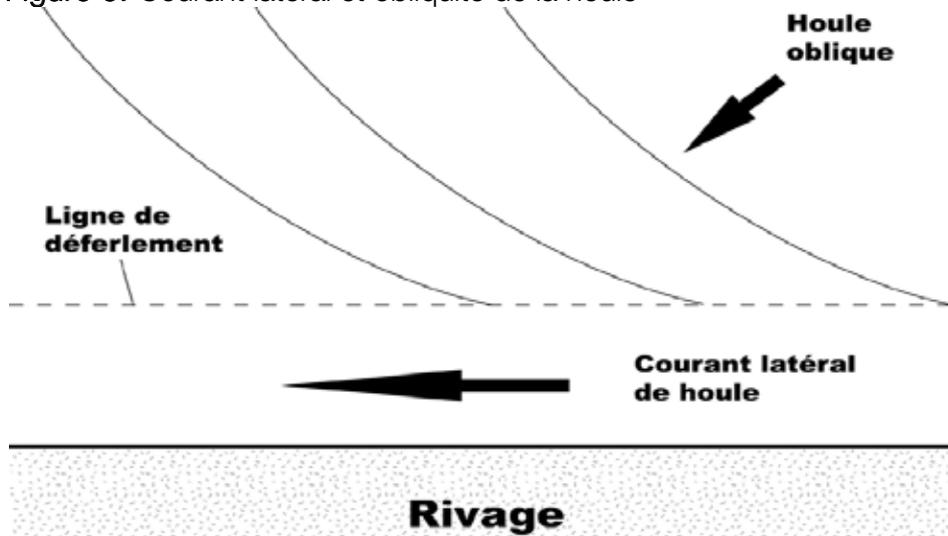
Ces résultats attestent de la faiblesse du marnage. Ceci est le trait fondamental qui caractérise la marée sur les côtes sénégalaises. Cette faiblesse du marnage a comme conséquence un développement réduit des estrans. Quand la longueur de l'estran n'est pas considérable, la vague met peu d'effort pour atteindre le pied du cordon. Cependant, il faut souligner que les faibles marnages ne concernent que les plages à profil étroit (falaise) comme celle de Gadga Lahrar.

2. Les facteurs physiques de l'engraissement des plages gandiolaises

a. Les facteurs de la morphodynamique marine

La morphodynamique marine est essentiellement contrôlée par la dérive littorale (fig. 6).

Figure 6. Courant latéral et obliquité de la houle



(GOURIOU, 2009)

Le courant d'obliquité est un écoulement longshore généré par le déferlement des vagues obliques par rapport à la côte. C'est le responsable du transit littoral ou dérive littorale. Il est maximal dans la zone des brisants et dans la zone de déferlement et décroît en amplitude vers le rivage.

Selon SY (2004), la dérive littorale se produit quand les vagues abordent le rivage selon une incidence oblique. Les débits solides mobilisés sont réfléchis à chaque vague et suivent une trajectoire en «zig zag» dont la résultante est un transport parallèle à la côte. La position du trait de rivage par rapport aux houles est un indicateur de la dynamique accumulative.

A cet effet DIAW (1997: 29) souligne que «le secteur côtier de Saint Louis à Kayar reste dominé par une orientation NNE-SSW. Sur cette partie du littoral le remarquable changement de direction se situe au droit de cayon sous marin de Kayar. En effet, à partir de cette section du littoral jusqu'à Yoff, les segments côtiers ont une orientation ENE-WSW». Nous avons déjà souligné que la côte Nord reste sous la direction des houles du NW et NS.

Ce parallélisme traduit un apport sédimentaire pour les plages. La côte de Niayam à l'image des autres plages qui se forment comme celle d'hydrobase, Goxxu mbacc, reçoit une quantité importante de sédiments: C'est la dérive littorale. Cette dynamique est renforcée par la position de la plage. La position de la côte de Niayam par rapport à la falaise de Gadga Lahrar et au cordon de barbarie est un facteur explicatif de la dynamique accumulative.

Durant le mois de novembre 2008, nous avons fait une visite exploratoire de la côte de Gadga Lahrar à Niayam, le long de la Lagune de Mboumbaye, à pied. Le constat est que le site de Gadga Lahrar est plus situé en altitude. Cette légère différence d'altitude fait qu'on a une pente légèrement accusée. Ce facteur topographique renforce l'idée selon laquelle la lagune fournit des sédiments qui transitent par ce chenal topographique.

Du côté de la Langue de Barbarie, les observations de BA et al. (2007) montrent que la flèche en se terminant au sud, a tendance à se ramifier, cette situation fait que la côte de Niayam se situe un peu en retrait par rapport à la Langue de Barbarie si on suit sa trajectoire depuis «Goxxu mbacc». Géomorphologiquement, la côte de Niayam constitue une sorte de golfe qui piège des sédiments. Pendant tout l'hiver, le cordon dunaire est baigné par un courant de dérive permanent de direction nord sud qui est la principale source d'alimentation en sédiments de la haute plage de la Langue de Barbarie. Ce courant de dérive a des vitesses comprises entre 0,13 et 0,57 m/s. Il fait migrer vers le sud d'importantes quantités de sédiments et contribue d'une certaine façon à l'allongement de la Langue de Barbarie vers le sud. En effet, il transporte dans la zone d'aboutissement interne du jet de rive les matériaux solides le long de la plage suivant un cheminement en dents de scie. Le transit sédimentaire de cette flèche littorale est estimé à 1 000 000 m³ variant de 600 000 à 1 500 000 m³/an (BBL/SW 1984).

b. Les facteurs de la morpho dynamique éolienne

Entre deux mouvements de marée, le sable de l'estran peut s'assécher, du vent compétent et favorable exporte des débits solides éoliens de la plage vers le revers du cordon (SY, 2008). La morpho dynamique éolienne est essentiellement contrôlée par le vent. La sécheresse et l'aridité expose davantage les plages à la déflation et renforce ainsi l'action du vent.

Un vent suffisamment compétent pour déplacer des débits solides

Le tableau 2 montre que les vents sont efficaces à la station de Saint Louis. Les vitesses se concentrent dans la classe supérieure à 20 m/s avec une concentration nettement supérieure correspondant à 37. Cela peut s'expliquer par le fait que la station de Saint Louis occupe un site exposé aux flux éoliens.

Tableau 2. Distribution des Classes de vitesses (m/s) de la station de Saint Louis (1996-2004)

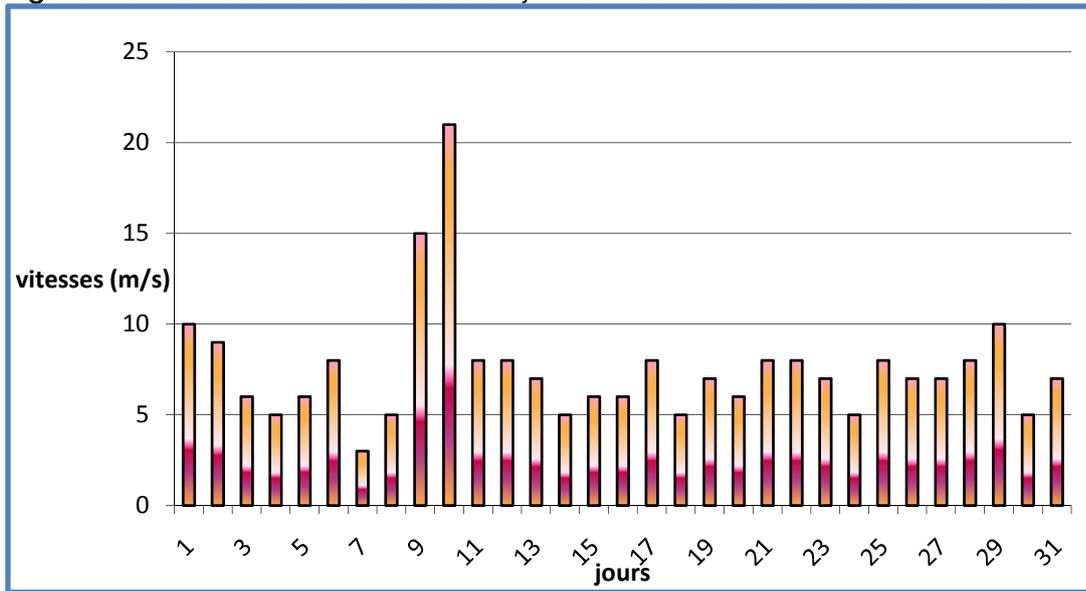
Classe. Vit. en m/s		5-10	11-15	16-20	+20	Σni
1996-1998	Nbre	6	22	3	2	33
	%	18,1 %	66,6 %	9 %	6 %	99,7
1999-2001	Nbre	2	8	2	21	35
	%	5,7 %	22,8 %	5,7 %	60 %	
2002-2004	Nbre	2	1	3	16	21
	%	9,52 %	4,7 %	14,2 %	76,1 %	
Σni		10	31	8	37	

Source: Direction de la météorologie Nationale, traitement Leïdi

La moyenne fréquentielle de la classe supérieure à 20 est de 47 % suivie de la classe 11-15 qui totalise 16 % des fréquences contre 10 et 3 % en faveur des classes 5-10 et 16-20. Les résultats de la station montrent que la période 1999-2001 a été caractérisée par des vents forts dans le secteur de Saint Louis avec une concentration maximum qui s'élève à 35.

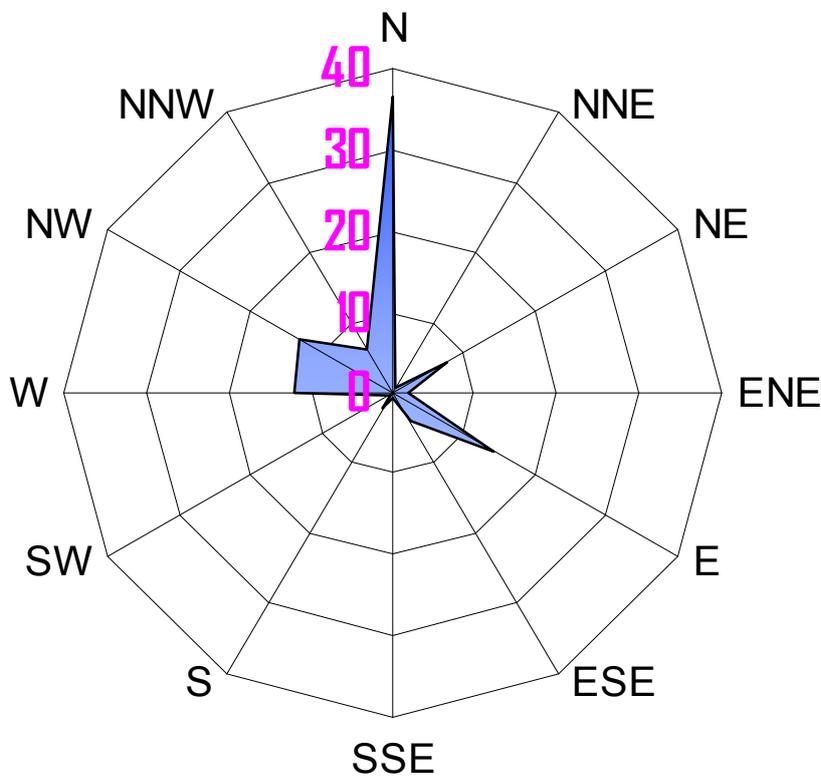
A Saint Louis, l'intensité des vents se confirme sur une période d'observation annuelle. Seul le mois de février tombe en deçà du seuil critique (5 m/s); les observations journalières du mois de Janvier (saison sèche) permettent d'afficher les détails (figure 7).

Figure 7 : Profil des vents efficaces en janvier 2002 à la station de Saint Louis



Plus de 70 % des vents maxima instantanés journaliers du mois de janvier sont compétents; quelques 16 % seulement des individus anémométriques affichent une valeur égale au seuil critique, soit 5 m/s. Les observations sont faites en saison sèche, humides et à deux différentes heures de la journée. Les roses sont dispersées mais quelques directions préférentielles se dégagent (figures 8).

Figure 8 : Rose des vents de la station de Saint Louis de 1996 à 2004



(Source A.A.SY 2009)

Sur une période d'observation de 10 ans, la rose montre à Saint Louis: 65 % des vents sont du secteur nord, suivi du secteur est (20 %), du secteur ouest (12 %) et enfin du secteur Sud (3,5 %). A la station de Saint Louis, les observations faites en saison sèche indiquent un léger changement de direction. Les roses annuelles avaient montré une prédominance du Cadran Nord. Cependant, l'observation selon les saisons indique une légère rotation du cadran Nord-ouest vers le cadran Nord-Est. Cela indique une recrudescence progressive de l'harmattan dans la zone de Saint Louis durant cette période de l'année, confirmant la profondeur du processus de sahélisation de la côte Nord du Sénégal. Les vents sont forts et plus fréquents pendant la saison sèche, ce qui se traduit par un important potentiel érosif et l'installation des conditions durables d'aridité (tableau 3).

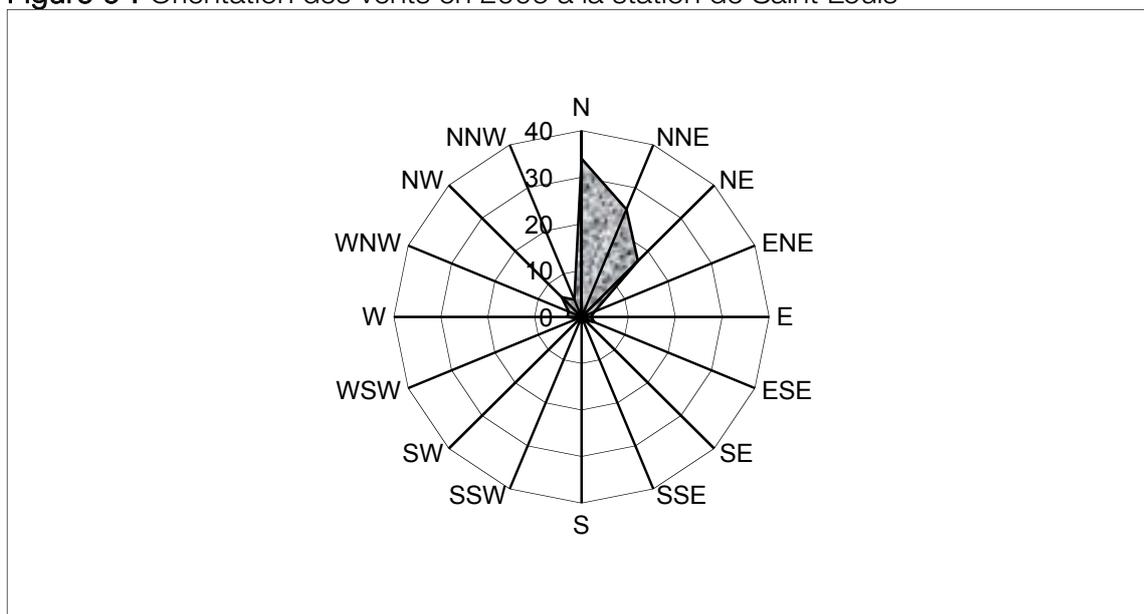
Tableau 3 : Vents actifs en saison sèche à la station de Saint Louis de 1996 à 2004

Mois	Direction préférentielle	Fréquence en %
Septembre	NNW	62,5
Octobre	E	66,67
Novembre	E	87,5
Décembre	E	50
Janvier	N	50
Février	E	37,5
Mars	N	50
Avril	NE	42,86
Mai	N	66,67

Source: Direction de la Météorologie Nationale, traitement Leïdi

Du mois de septembre jusqu'au mois de mai, le cadran NE prend le dessus sur le cadran NW. Les observations sont également faites en saison de pluies où les vents à Saint Louis ont une direction plutôt N à NW. Elles correspondent à une entrée des alizés maritimes venant de l'Atlantique car la région de Saint Louis s'ouvre à l'ouest dans l'Océan (figure 9).

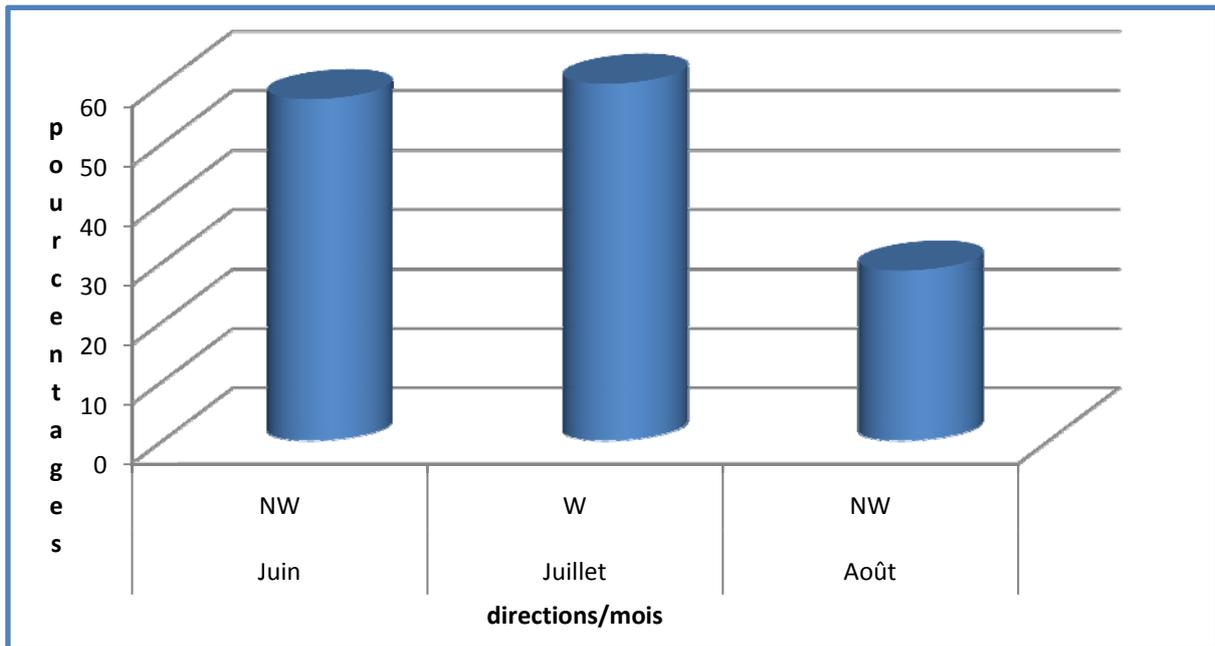
Figure 9 : Orientation des vents en 2006 à la station de Saint Louis



Source. B.SY. 2008

La rotation des vents compétents vers le cadran N à E se confirme (figure 10): N = 34 %, NNE = 25 % et ENE à E = 05 %, soit un total de 64 % contre 10 % à W à N. Le traitement annuel indique: N = 28 %, NNE = 09 % et ENE à E = 12 %, soit 49 % contre 19 % à W à N. La synthèse des fréquences directionnelles de la Période de Forts Vents (PFV) des cadrans N à E et W à N pour la station de Saint Louis de 2003 à 2006 indique que les fréquences directionnelles de la PFV du cadran N à E sont partout ≥ 81 % sauf pour l'année 2005 où la synthèse des résultats est de 51 %; la situation dans le cadran W à N varie de 13 à 28 % (SY, 2010).

Figure 10 : Vents mensuels actifs en saison des pluies, station de Saint Louis de 1996 à 2004



De manière générale l'analyse des fréquences directionnelles de la station de Saint Louis montre que le vent est un paramètre climatique et son action y est soumise aux caprices de 3 principaux facteurs :

- les alizés maritimes de directions NW issus de l'anticyclone des Açores sont les plus caractéristiques de la région et soufflent de novembre à mi-juin. Ces flux sont frais, voire froids et constamment humides. Toutefois, ils sont inaptes à donner des précipitations en raison de leur structure verticale qui bloque le développement des formations nuageuses. Ces vents violents sont responsables de remaniements dunaires.
- l'harmattan de direction Est, est un vent sec avec des amplitudes thermiques très accusées, frais ou froid la nuit, il est chaud à torride le jour. Plus important à l'intérieur du pays, il garde cependant, une certaine influence sur le climat de la région des Niayes où il ne sévit que pendant une période courte.
- la mousson, elle provient de l'alizé issu de l'anticyclone de Sainte Hélène dans l'Atlantique Sud. Ce vent de mousson particulièrement humide envahit la région en période estivale suivant la direction SW. Il est généralement dévié par la brise de mer de direction NW qui souffle de mars à août.

Globalement, le traitement des données des vents à Saint Louis a donné quelques résultats.

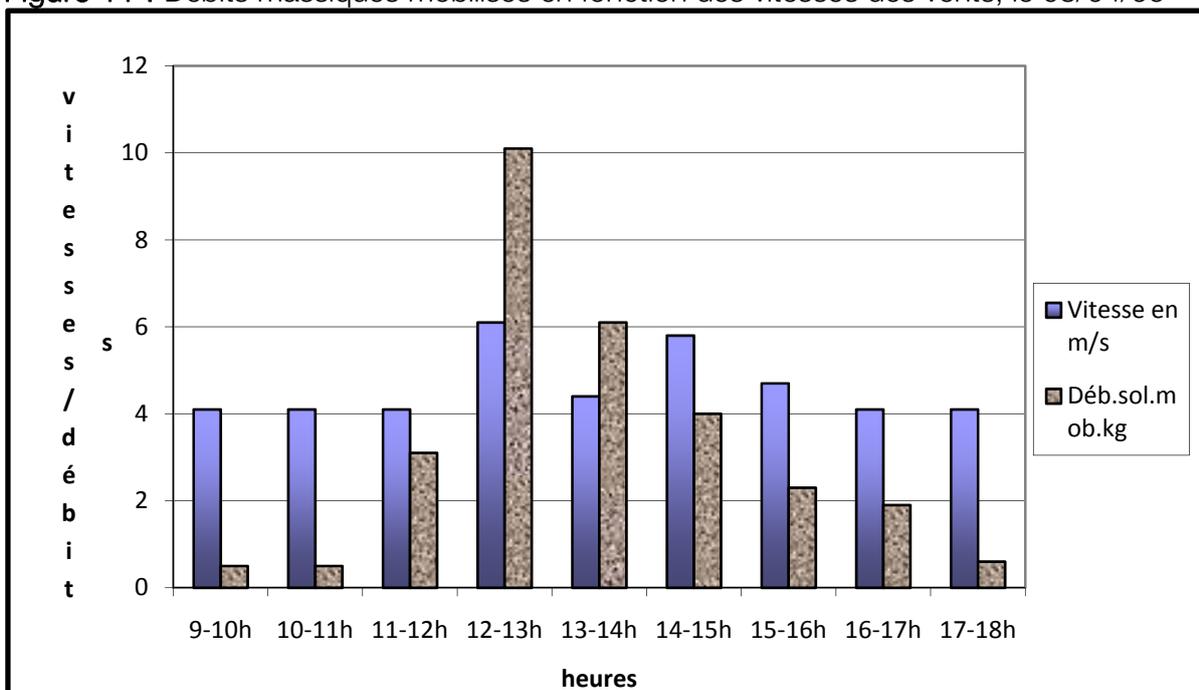
L'analyse des vitesses des vents montre que les vents sont capables de déloger des particules solides. Après l'identification et la caractérisation du paramètre anémométrique, une question fondamentale se pose: Comment articuler le comportement du vent sur la côte à Saint Louis avec la problématique d'érosion du cordon gandiolaï? Répondre à une telle question revient à traduire l'impact des vitesses et des directions sur le transport des particules solides. Pour donner une idée de l'action du vent sur le matériel solide, nous nous sommes inspirés des travaux de TANGARA (1997) qui a fait des expériences au NE d'une dune blanche dans le Cap Vert. Son analyse articule direction du vent, vitesses et débits solides mobilisés. Les résultats sont traduits dans le tableau 4 et figure 11.

Tableau 4 : Mesure des vitesses, direction du vent et débits solides mobilisés

Date	secteur	site	horaire	Direction	Vitesse m/s	Déb.sol.mob./kg
24 mars 1994	Cap Vert Lac Retba	NE LR(dune jaune)	9-10h	W	4,1	0,5
			10-11h	W	4,1	0,5
			11-12h	W	4,1	3,1
			12-13h	W	6,1	10,1
			13-14h	N	4,4	6,1
			14-15h	N	5,8	4
			15-16h	N	4,7	2,3
			16-17h	N	4,1	1,9
			17-18h	N	4,1	0,6

Source. Tangara 1997

Figure 11 : Débits massiques mobilisés en fonction des vitesses des vents, le 08/04/95



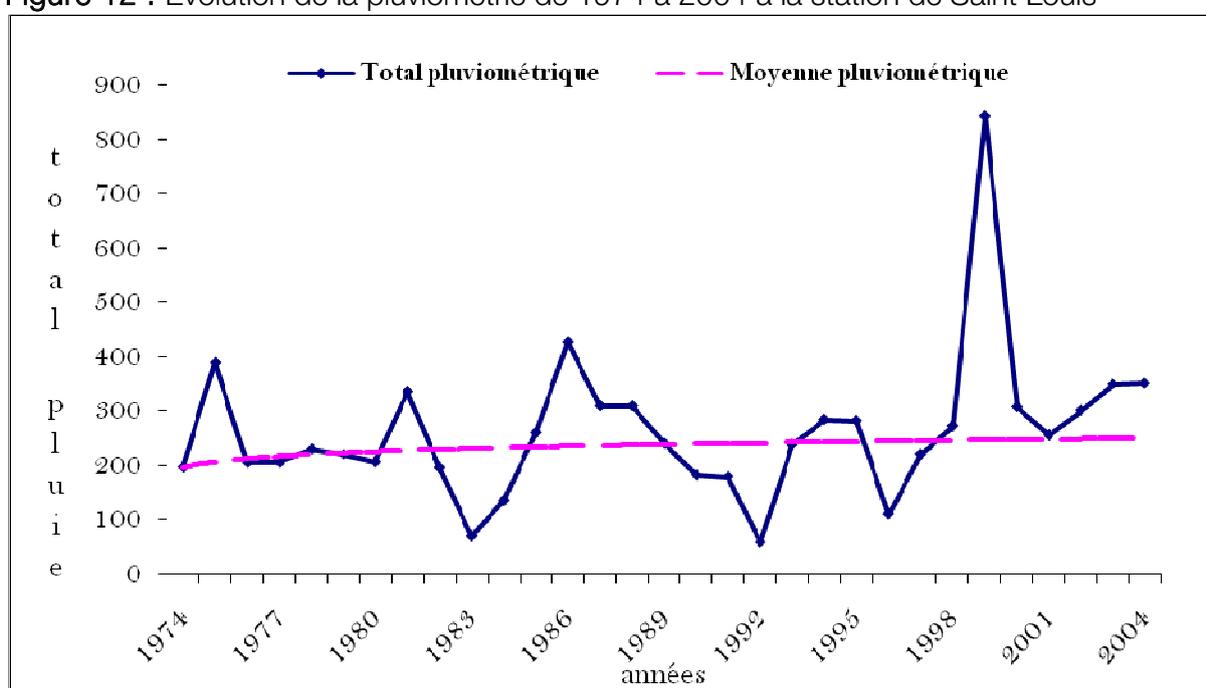
Les données du tableau (3) montrent que plus la vitesse du vent est élevée, plus la quantité de sable transportée est importante. Les premières heures de la journée traduisent une faible efficacité du vent à cause des précipitations occultes qui inhibent la déflation.

Il apparaît que la côte Nord est très exposée à l'érosion. La confrontation entre orientation des dunes et directions du vent permet de mieux analyser le phénomène.

Installation progressive de la sécheresse en milieu littoral Gandiolais

L'évolution des totaux pluviométriques annuels depuis plusieurs décennies indique une dégradation progressive des conditions climatiques (figure 12).

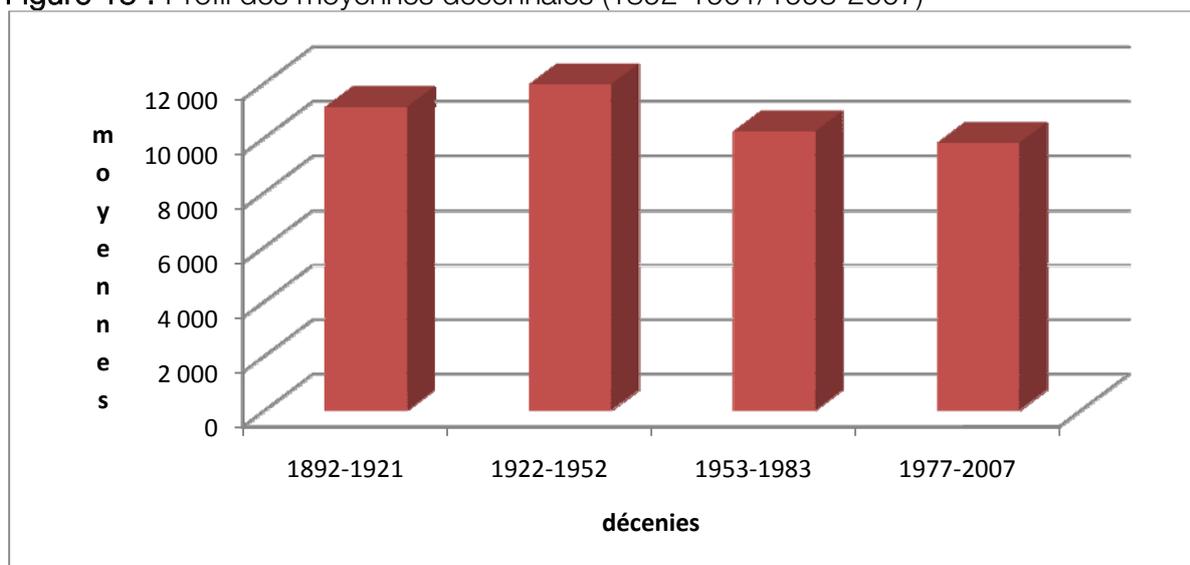
Figure 12 : Evolution de la pluviométrie de 1974 à 2004 à la station de Saint Louis



Source: SY A A (2009)

La courbe de tendance de la figure 16 indique une évolution à la baisse des totaux interannuels, les observations de SY (2010) sur les périodes précédentes ont aboutit aux conclusions selon lesquelles dans les années 1890, la pluviométrie dépassait 400 mm. Actuellement, elle dépasse rarement 300 mm (figure 12). La pluviométrie a diminué en valeur relative de l'ordre de 23 % en un peu plus d'un siècle. Cette tendance est confirmée par le profil des moyennes décennales pluviométriques à Saint Louis de 1892-1901 à 1998-2007 (figure 13).

Figure 13 : Profil des moyennes décennales (1892-1901/1998-2007)



Source: B. SY, 2010

Les moyennes décennales, 1892-2007, ont chuté en valeur relative de 5 %, correspondant à 40 mm; les normales ont diminué de 3 %, soit 44 mm en valeur absolue (tableau 5).

Tableau 5 : Evolution des normales de 1892-1921 à 1977-2007

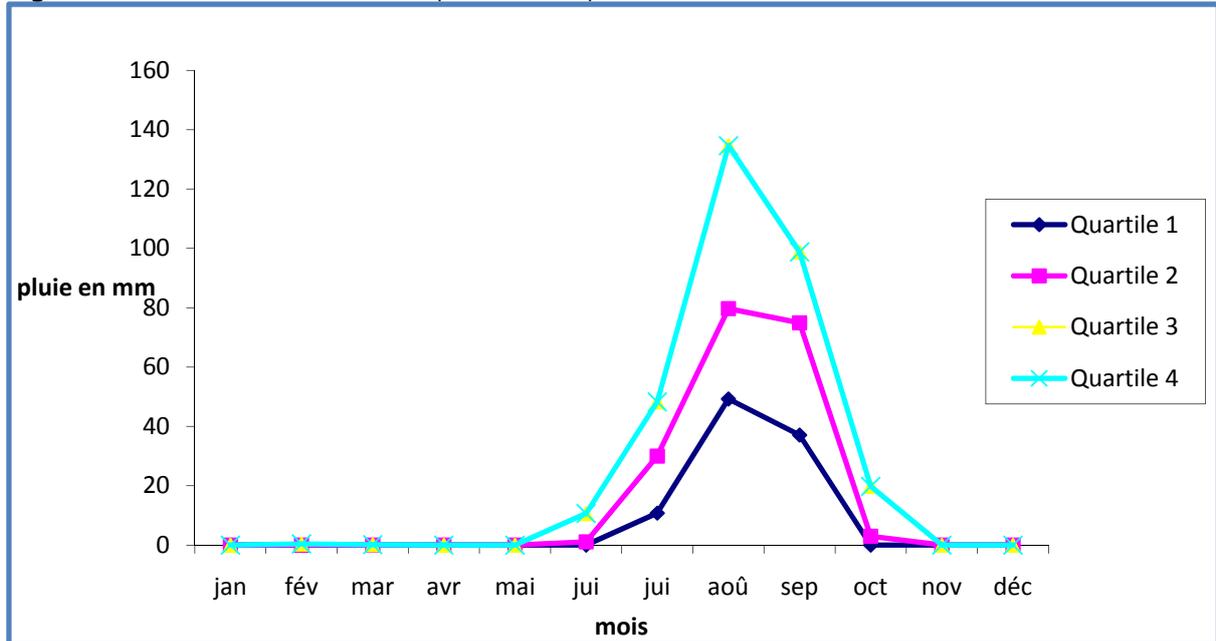
Séquences	Cumuls (mm)	Normales (mm)	%
1892-1921	11 128	371	26
1922-1952	11 960	399	28
1953-1983	10 231	341	24
1977-2007	9 815	327	23

Nb. Les valeurs sont parfois arrondies (Source: B. A. SY, 2010)

Sur une période d'observation de 30 ans, les moyennes tournent autour de 200 mm par an. La tendance générale reste un peu constante même si les pluies sont relativement faibles.

Les observations mensuelles, montrent une concentration des totaux pluviométrique sur une courte durée de l'année (de juillet à mi-octobre). Le mois d'août reste le plus pluvieux sur toute la côte Nord. Ce phénomène impacte négativement le sol et la végétation. Cette tendance se confirme avec les quartiles (figure 14).

Figure 14 : Evolution/mois des quartiles de pluie à la station de Saint Louis de 1974 à 2004



Quel est l'impact du comportement de la pluviométrie sur le cordon dunaire? Cette interrogation permet d'aborder la relation qui existe entre déficit ou concentration hydrique et érosion dunaire.

Les deux types de pluies les plus significatifs sur la végétation sont les «heug» et les lignes de grains. Les «heug» sont des perturbations pluvieuses orageuses dues à une descente d'air froid d'origine polaire à l'intérieur du domaine tropical. Les heug sont favorables au sol car ils inhibent le sol et bloque le transport par le vent. Cependant, ils peuvent porter préjudice à la végétation.

La rosée et le brouillard constituent des éléments protecteurs des sols aux premières heures de la matinée. Par leur manifestation elles n'ont aucune action érosive notable sur le sable au contraire par leur humidité ils pénètrent la partie superficielle du matériel sableux fixant aussi les sédiments.

Quant aux lignes de grains, ce sont des orages dont la formation et l'entretien sont liés aux noyaux anticycloniques mobiles polaires, flux d'est (LEROUX, 1983). La cause principale de ces perturbations est l'incursion du flux d'Est supérieur dans la mousson des basses couches, qui lors d'une advection exceptionnelle peut atteindre le sol.

SAGNA (1998) affirme que la Grande côte est de 98 à 100 % arrosée par les lignes de grains, ce qui explique la faiblesse de la pluviométrie le long de la côte; SY (2008)⁴ intègre ce phénomène dans un gradient Est-Ouest. Avec lui, nous retiendrons que la côte Nord est dépendante essentiellement de la trajectoire des lignes de grains qui sont des perturbations mobiles se déplaçant dans le sens Est-Ouest. Des observations de SAGNA ont révélé qu'environ 10 % des perturbations arrivent au niveau des latitudes du Sahel. Il faut remarquer que ces 10 % perdent leur potentiel précipitable au cours de leur parcours, ce

⁴ Boubou Aldiouma SY a fait une thèse de Doctorat d'Etat sur les milieux, sécheresse climatique et érosion éolienne, étude géomorphologique du Sahel sénégalais, en 2008. Dans cette thèse, il a abordé la question de l'aridité liée à la fréquence des lignes de grains (gradient Est-ouest).

sont donc des pluies résiduelles qui sont enregistrées. Ce phénomène entretient l'aridité dans la moitié nord du Sénégal. Cette situation s'explique par deux phénomènes importants: La latitude par rapport au lieu de naissance des lignes de grains et l'importance du parcours qu'ils effectuent avant d'atteindre la côte Nord du Sénégal.

Les lignes de grains ont une direction Est-Ouest. L'isohyète 200 mm passe en dessous de Louga et celui-ci de 300 mm passe en dessous de Dakar. Selon les sources précédentes les isohyètes ont tendance à migrer vers le sud. Ce phénomène explique l'installation progressive de la sécheresse et de l'aridité dans la moitié Nord du Sénégal.

La conjugaison de ces éléments révèle que les déficits pluviométriques dans le littoral gambien sont structurels et se dégradent progressivement. Le passage d'une ligne de grain se manifeste par une accélération de la vitesse du vent. Ce phénomène est responsable des dommages importants sur la végétation. Par ailleurs, les variations de quantités de précipitations et l'irrégularité capricieuse deviennent de plus en plus contraignantes pour la végétation arborée au fur et à mesure que les moyennes s'affaiblissent (GIFFARD, 1974).

Les pluies précoces sont souvent suivies d'épisodes secs dont les conséquences sur les jeunes plants empêchent la reconstitution de ces derniers.

Pour ce qui concerne le sol, la forte concentration des pluies sur une faible durée a entre autres conséquences le tassement des sols sableux et des dégâts physiques sur les plantes fragiles. Lorsqu'il n'y a plus d'écran végétal et que parfois le tapis herbacé est complètement desséché ou brûlé, les pluies importantes et violentes causent des dégâts importants sur les sols fragilisés.

Une hauteur d'eau importante reçue pendant une courte durée entraîne une intensité forte qui déclenche l'érosion dès que les autres facteurs du milieu sont déstabilisés. Au niveau de la côte, les premières pluies de l'année enregistrées sur les sols secs et dépourvus de protection sont de nature à engendrer ce phénomène.

Au total, la sécheresse persistante a favorisé la mise en place des milieux instables s'inscrivant dans une chaîne de causalité: ouverture des formations végétales (steppes) avec la diminution significative des réserves. Cette action modifie les rapports avec une rupture des pourcentages de force en faveur de la rhexistasie (instabilité, rupture bioclimatique, dégradation continue des ressources).

Nous pouvons retenir avec DIENG (1997) que notre zone d'étude présente un régime pluviométrique de type sahélien :

- une répartition saisonnière très contrastée;
- une nette variabilité interannuelle;
- une répartition spatio-temporelle hétérogène;
- des incidences sur la végétation.

Le résultat est alors l'installation d'un système morphogénique de type mécanique libérant l'énergie éolienne. Elle est à l'origine de l'installation des conditions durables d'aridité.

2.2 ANALYSE SOCIO-SPATIALE DE LA ZONE D'ETUDE (LANGUE DE BARBARIE ET FRANGE LITTORALE DU GANDIOLAIS)

Notre zone d'étude (bief Saint-Louis-embouchure) couvre deux unités spatiales : il s'agit de la zone de Saint Louis (quartiers appartenant à la commune de Saint Louis, situés sur la Langue de Barbarie), et de la zone du gandiola (villages situés au sud de la ville de Saint Louis, occupant une position littorale).

1. Analyse socio démographique de la zone de Saint-Louis

Avec une population estimée à près de 49 549 habitants en 2005 (figure 15), la Langue de Barbarie est classée parmi les zones les plus peuplées de la ville de Saint-Louis. En effet, elle représente à elle seule 27,3% de la population de la commune avec seulement trois quartiers : Guet-Ndar, Ndar-Toute et Goxxu Mbacc. La Langue de Barbarie est la zone la plus difficile à apprécier. Elle est loin d'être ordinaire et se distingue par sa surpopulation. Le taux de fécondité y est très élevé ; on distingue en moyenne dans des quartiers comme Guet-Ndar 8 enfants par ménage et 3 à 4 ménages par concession (Service Régionale de la Statistique). Malgré les efforts consentis pour déconcentrer les populations, la Langue de Barbarie reste toujours surpeuplée du fait de l'action conjuguée d'une très forte pression démographique et du rétrécissement progressif de l'espace. A travers l'évolution de la population des quartiers de Guet-Ndar, Ndar-Toute et de Goxxu-Mbacc, nous pouvons voir que la population de la Langue de Barbarie est sans cesse croissante malgré l'espace saturé.

En 2002, la population de Guet-Ndar est estimée à 22 566 habitants soit 12,5% de la population communale et 52,67% de la population de la Langue de Barbarie qui s'élève à cette époque à 42 844 habitants. La densité de Guet Ndar est alors de 1 327 hts/ha (Direction de Statistique et de la Prévision, 2005).

Le quartier Ndar-Toute est situé entre Guet-Ndar et Goxxu Mbacc. La toponymie locale lui réserve le nom de Santhiaba ou ville neuve qui évoque sa récente création par rapport aux vieux noyaux urbains. En effet, Ndar-Toute a été créée en 1846 (Houma, 1997). Il était au départ un lieu de détente pour les habitants de l'île. Il fut proclamé en 1849 « village de liberté » et accueillent les esclaves émancipés. D'une population de 6 369 habitants en 1988, soit 5,43% de la population de la commune, Ndar-Toute abrite 8 399 habitants en 2001 (Direction de Prévision et de la Statistique, 2001), soit 18% de la population de la Langue de Barbarie et environ 5% de celle de la commune.

Concernant Goxxu Mbacc, le quartier a longtemps servi de point de transit aux migrants maures (tableau 6). C'est seulement en 1976 que le quartier fut doté d'un plan de lotissement et ensuite aménagé pour reloger les populations de Guet-Ndar et de Ndar-Toute qui occupaient le boulevard fluvial. L'analyse de la démographie de Goxxu Mbacc est d'autant plus intéressante que la population du quartier, depuis l'aménagement, a fait un grand bond de par son chiffre.

Tableau 6 : Évolution de la population de Goxxu Mbacc de 1954 à 2001

Années	1954	1960	1970	1976	1988	1991	2001
pop	160	1170	2320	2367	2020	10970	12112

Source : Direction de la Prévention et de la Statistique, 2005

Ce qu'il faut retenir est que cette augmentation de la population se fait dans un espace qui n'a pas la possibilité de s'étendre. En effet, le quartier est compris entre Ndar-Toute et la frontière mauritanienne d'une part, et d'autre part, entre le fleuve et la mer. L'exiguïté et l'absence d'aération dans les quartiers de la Langue de Barbarie constituent en période de forte chaleur un facteur de diffusion des maladies dont les enfants sont les victimes toutes désignées. L'entassement et la surpopulation sont les conditions favorables à la contagion et la maladie peut très vite prendre un caractère épidémiologique. Cela s'illustre presque chaque année avec la maladie du choléra. Les principales maladies du quartier sont : le paludisme, la parasitose intestinale, la diarrhée, la malnutrition, les maladies respiratoires, etc.

Pour pallier le manque d'espace au niveau de la Langue de Barbarie les populations s'adonnent de plus en plus des constructions en hauteur d'où la « verticalisation » de l'habitat dans un espace fragile.

2. Analyse socio démographique de la zone du gandiolais

a. Démographie et activités économiques

L'analyse démographique du Gandiolais n'est pas une chose facile. Les études précédentes ne l'ont pas faite dans un cadre spécifique. Elles ont été globales. Soit, elles se faisaient à l'échelle de la communauté rurale de Gandon soit à l'échelle de l'arrondissement de Rao. La difficulté résulte surtout dans la délimitation de la zone elle-même. L'analyse suivante est loin d'être exhaustive, elle se fonde sur le recensement de la population du Sénégal en 2003 des villages ciblés comme faisant partie du Gandiolais. Ainsi selon ce recensement, la population est estimée à environ 13600 habitants. Ce chiffre cache les disparités entre les villages. Par exemple Ndiébène a une population de 3158 habitants alors que celle de Ndéguette est de 55 habitants.

L'essentiel de la population se trouve concentrer à l'ouest. Ceci s'explique par la proximité des dépressions, qui permettent une pratique agricole (maraîchage), mais aussi par l'ouverture sur le fleuve et sur l'océan atlantique favorisant les activités halieutiques. La population est composée de wolof, de peulh et de maure. Les wolof sont majoritaires avec environ 65% de la population (Diop D., 1997 / 1998). Ils s'adonnent à l'agriculture et à la pêche. Ensuite viennent les peulh avec environ 25% de la population. Ils pratiquent l'élevage transhumant mais la tendance est à la sédentarisation. Enfin, les maures représentent environ 10% de la population et pratiquent des activités commerciales et artisanales. On trouve également dans le Gandiolais d'autres ethnies qui viennent travailler de manière saisonnière dans la zone. Il s'agit des « sorgas » provenant surtout de la sous région (Gambie, Mali, Guinée Bissau, etc.).

Dans cette zone nous avons les cultures pluviales et maraîchères. L'agriculture pluviale n'occupe qu'une infime partie au niveau de la production et de la superficie. Elle est essentiellement composée de mil, de tomate et d'arachide. Ce système est confronté à des problèmes suite aux irrégularités inter annuelles et la pluviométrie ne dépasse pas 400mm par an (voir tableau des précipitations). Il faut noter que les sécheresses des années, 1960, 1970, 1980 combinés aux effets du barrage de Diama tels que la salinisation ont entraîné une baisse de la production accentuée plus encore par l'hégémonie des cultures maraîchères.

Les cultures maraîchères sont cultivées essentiellement durant la saison sèche qui va d'octobre à juin. Le maraîchage selon Diop (1997 / 1998) occupe au moins 95% de la superficie et fournit 80% de la production agricole. Cette prédominance des cultures maraîchères se vérifie presque dans tous les villages : Tassinère, Ndiébène, Ndiol Gandiol, Mouït, Gadga Mboumbaye etc. La production est essentiellement dominée par l'oignon rouge et blanc auxquels viennent s'ajouter les navets, les choux et tomates.

L'élevage jusque dans les années 1950 était essentiellement transhumant et très extensif. Mais la sécheresse qui entraîne un manque de pâturage, combinée aux politiques étatiques dans les années 1970 (élevage contemplatif et peu rentable) ont engendré des modifications du système de production. Ainsi, on est passé du statut de pasteur pur avec les peulhs à celui d'agropasteurs. Les peulhs se sédentarisent et associent l'élevage à l'agriculture. Face au manque de pâturage dû à la salinisation des terres et à l'occupation de l'espace par l'agriculture, les troupeaux migrent vers le sud. De plus, sur place, la couverture sanitaire animale n'est pas bien assurée et parfois ils sont obligés d'aller à Saint Louis pour requérir les services d'un vétérinaire.

La pêche vient en seconde position au niveau des activités et du revenu des populations. Le Gandiolais demeure une zone de pêche remarquable avec des espèces tels que la dorade, le melon, le raume, le tilapia. La création d'aires protégées tels que le parc national de la Langue de Barbarie en 1976 et la réserve de Gueumbeul en 1983 a abouti, dans une logique de protection des ressources naturelles, à une interdiction de pêcher dans ces aires protégées.

Les dépressions qui se situent dans les villages de Tassinère, Mouït, Ndiébène... fonctionnent comme de véritables marais salants. Durant la saison des pluies on a d'abord une inondation de ces dépressions et ensuite une efflorescence saline par évaporation après l'hivernage. C'est ainsi que le sel émerge et est récolté par les femmes, puis, vendu par tas à des « bana bana ». Leur destination varie : ce sel est vendu à Saint Louis, Louga et même jusque dans le Fouta. La communauté rurale de Gandon ne perçoit pas de taxe venant de la part des exploitants car la gestion de ce sel s'effectue de manière traditionnelle en ce qui concerne les droits d'attribution. Dans le village de Ndiébène ce sont les « djarafs Diagne » et « Wade » qui sont les gardiens des rivières de sels.

Dans le Gandiolais existent deux parcs : le parc de la langue de Barbarie et la réserve de Gueumbeul. Ces parcs disposent d'énormes potentialités sur la biodiversité et sont des lieux de visite prisés des touristes. Les touristes sont guidés par des jeunes volontaires originaires des villages environnants qu'on appelle des écogardes. Ces derniers sont rémunérés à partir de l'argent versé par les touristes au niveau des parcs. Le tourisme y est essentiellement de découverte. Les campements touristiques sont nombreux et utilisent la

population locale comme personnel. Au sein du parc de la Langue, les populations ont une boutique où sont exposés les produits issus de l'artisanat tels que les masques.

b. Les relations villes-campagnes (zone de Saint-Louis, zone du gandiolais)

La zone du Gandiolais est l'un des espaces ruraux les plus proches de la ville de Saint-Louis. Celle-ci entretient des relations étroites et complexes avec le Gandiolais. Ces rapports sont souvent déséquilibrés en faveur de la ville. Ils perturbent profondément la stabilité sociale mais aussi économique de cette zone rurale. Ainsi, il existe des rapports d'échange entre ces deux milieux tant sur le plan du déplacement des populations que sur celui de l'approvisionnement en produits alimentaires.

Entre le Gandiolais et la ville de Saint-Louis, la mobilité des hommes s'effectue pratiquement dans les deux sens, c'est-à-dire de la ville vers la campagne et inversement toutefois avec une grande domination pour le cas inverse. Il y a beaucoup plus de mouvements en direction de la ville qu'il n'y a pour la campagne. Cette mobilité renferme plusieurs formes migratoires allant du quotidien des ruraux et citadins aux migrations hebdomadaires, temporelles et même parfois définitives. Ces dernières se remarquent plus souvent dans le sens de la campagne vers la ville et presque inexistantes dans l'autre.

En réalité, ce sont les migrations pendulaires journalières qui sont les plus remarquables dans les mouvements humains entre villes et campagnes. Et elles s'effectuent dans les deux sens (ville campagnes et campagnes villes). Dans le cas du Gandiolais, elles occupent une grande part dans les activités des ruraux qui sont nombreux à quitter chaque jour la zone rurale pour se rendre en ville soit pour y travailler en constituant une main d'œuvre, soit pour y exercer d'autres activités ou encore atteindre certains services (santé, éducatifs, administratifs, etc.). Cette importante convergence des ruraux s'explique par le fait que l'essentiel des activités secondaires et tertiaires est concentré en ville à cause de sa configuration géoéconomique. Ils sont nombreux, les commerçants « bana-bana », composés en majorité de femmes qui chaque jour le matin, se rendent en ville pour après rejoindre le soir leurs domiciles en campagne. A cet effet, un marché a été créé dans le quartier de Sor spécialement pour l'écoulement des produits agricoles venant des zones rurales telles que le Gandiolais.

Avant l'érection de Matam en région et le rattachement de la zone du Gandiolais au nouveau département de Saint-Louis, les populations du Gandiolais étaient obligées d'aller jusqu'à Dagana pour leurs besoins administratifs. Mais depuis 2002, elles vont juste à Saint-Louis (ville) pour atteindre ces services administratifs. Cependant, la mobilité est rendue difficile par le manque de voies de communication. La quasi-totalité des routes existantes sont impraticables en saison des pluies. Cette situation n'encourage pas les transporteurs (taxis) à rouler vers cette zone et provoque l'élévation du prix de transport (500 FCFA pour aller en ville et 700 FCFA pour retourner au Gandiolais). Ce qui accentue d'avantage l'enclavement du Gandiolais. Par ailleurs, le mouvement contraire est très peu important et se justifie par le déplacement de quelques citadins vers les localités du Gandiolais pour des besoins difficiles à qualifier.

Pour l'essentiel, les migrations pendulaires journalières se font suivant les potentialités économiques existantes entre la ville de Saint-Louis et le Gandiolais. Toutefois, d'autres formes de migration sont aussi pratiquées par les ruraux comme par les citadins.

Un nombre important de personnes quittent chaque semaine ou temporairement la zone du Gandiolais pour rejoindre soit la ville de Saint-Louis, soit d'autres localités. Les migrations hebdomadaires sont pour la plupart pratiquées par des élèves mais aussi par des travailleurs, des commerçants, des artisans et autres qui pour des problèmes de transport ou pour des raisons d'éloignement préfèrent se camper en ville pour ne retourner en campagne qu'en fin de semaine.

Actuellement et cela depuis plusieurs années maintenant, des pêcheurs de la zone du Gandiolais migrent vers les autres régions du pays en particulier Ziguinchor, Mbour, Kayar... et même vers la Mauritanie, la Gambie, la Guinée Bissau pour des activités de pêche en y passant parfois plusieurs mois. Par contre de jeunes migrants saisonniers, les « sourgas », affluent de plus en plus vers le Gandiolais pour y travailler comme manœuvres au niveau des jardins de maraîchage. Ils proviennent en général de toutes les régions du Sénégal mais également des pays frontaliers comme le Mali, la Gambie, la Mauritanie, la Guinée Bissau, la République de Guinée. Par ailleurs, la dynamique des migrations temporaires évolue vers des mouvements définitifs. Ils sont actuellement très peu importants surtout dans le sens de la ville vers le Gandiolais.

En effet, le manque d'espace habitable dû à la situation géographique de la ville de Saint-Louis amène certains citadins à abandonner pour de bon le milieu urbain pour s'installer en campagne. En revanche le mouvement contraire est plus considérable. En fait, depuis le début de la sécheresse les populations du Gandiolais notamment les jeunes ne cessent de quitter la campagne pour aller se loger définitivement à Saint-Louis (ville) et même au-delà vers les autres centres urbains tels que Richard-Toll, Dagana, etc. Aujourd'hui, avec les éventuelles conséquences de l'ouverture de la brèche, l'on redoute un départ massif de la population active vers l'extérieur du Gandiolais pour trouver du travail.

La circulation des biens occupe une place importante dans les relations ville –campagne. Dans un contexte où toutes les activités ne sont pas développées ou du moins sont peu développées en ville comme en campagne, il est donc nécessaire que l'on assiste à des échanges de biens entre ces différentes entités.

Dans le cadre des rapports entre ville de Saint-Louis et la zone rurale du Gandiolais, l'urbanisation rapide de Saint-Louis (ville) suscite une forte demande en produits alimentaires. D'où la nécessité pour la ville de s'approvisionner en produits agricoles à partir du périphérique et des milieux ruraux notamment l'espace du Gandiolais.

Mais en contrepartie, celle-ci joue un rôle important dans l'organisation et le ravitaillement en produits alimentaires du Gandiolais. C'est à partir d'elle que partent les biens manufacturés importés et qui sont nécessaires à la vie quotidienne en campagne. Les ruraux font également recours à la ville pour répondre à un certain nombre de leurs besoins tels que les services de santé, éducatifs, culturels, administratifs, etc.

La zone du Gandiolais devient de plus en plus dépendante de la ville en matière d'approvisionnement de produits alimentaires. En effet, avant la sécheresse la ville de Saint-Louis ne fournissait au Gandiolais que des produits manufacturés importés. Mais aujourd'hui, la baisse générale des productions a fait que la quasi-totalité des produits qu'on retrouve dans les petits marchés ruraux proviennent de la ville (les poissons, les légumes sauf les oignons, le sel, et parfois les choux et la carotte). Les boutiques de cette

zone rurale sont entièrement chargées de marchandises achetées en ville (le riz, le pain, le sucre, l'huile, etc.)

Cependant, certains produits comme le sucre, les cigarettes, les piles, l'huile et d'autres biens sont souvent issus de la fraude, en provenance de la Mauritanie, en passant par le fleuve ou la mer. De manière générale, le manque de voies de communication praticables et l'état de délabrement des routes existantes sont autant de contraintes qui gênent l'acheminement des produits dans les deux directions surtout pendant la saison des pluies.

2.3 FACTEURS ANTHROPIQUES DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL GANDIOLAIS

1. L'ouverture de la brèche

L'ancienne embouchure se colmate progressivement à la faveur des conditions hydrodynamiques rendues calmes par l'effet du détournement des eaux par la brèche. L'élargissement progressif de la brèche affaiblit le courant fluvial au niveau de l'ancienne embouchure; Le courant marin exerce une force devant le courant fluvial au seuil de l'embouchure: le tout crée des conditions hydrodynamiques calmes, permettant aux débits solides, véhiculés par le courant de dérive Nord-sud, transitant par la brèche ainsi que ceux hérités du sapement de la Langue de Barbarie et du cordon littoral vif de se décanter. D'où le colmatage de l'embouchure de Niayam (ancienne embouchure).

JACOUTOT (2006) a proposé une esquisse des impacts de la brèche sur le comportement sédimentaire du gandiola. Selon cet auteur, le fleuve constituait une ressource hydrique importante, surtout en hivernage, pour les populations qui utilisaient son eau pour la consommation. Depuis le creusement de la brèche⁵ et le colmatage de l'ancienne embouchure⁶, cette partie du fleuve située sur la brèche s'est transformée en «bras mort ou de lagune d'eau salée». Le fonctionnement naturel du fleuve a changé surtout dans sa partie allant de Tassinère⁷ à Taré.⁸ D'après cet auteur, les marées s'y font maintenant à sens inverse, l'eau a tendance à stagner et y est extrêmement salée en permanence. Le marnage s'est amplifié dans le fleuve. A marée basse l'eau se retire d'une cinquantaine de mètres à Piot⁹, et la marée haute atteint le niveau le plus haut, érodant les berges du fleuve. Les marées ont changé de sens dans la Lagune de Mboumbaye depuis la brèche. La marée montante progresse maintenant vers le sud jusqu'à l'ancienne embouchure et inversement la marée descendante se faisant vers le nord, jusqu'à la nouvelle embouchure (brèche).

2. La réalisation du barrage de Diama

Le barrage anti- sel de Diama a été mis en eau en 1986 sur le fleuve Sénégal à 30 km en amont de Saint Louis pour empêcher la remontée de la langue salée et étendre les superficies cultivées par irrigation. Cependant, il constitue un piège très efficace des

⁵ L'arrivée d'une lame d'eau importante ayant été annoncée et pour éviter à la population les conséquences d'une inondation prévisible, les autorités ont décidé d'ouvrir dans la nuit du 3 octobre 2001, un canal de délestage dans la langue de Barbarie.

⁶ L'ancienne embouchure renvoie au niveau de rencontre naturel du fleuve et de la mer. Elle se trouve actuellement à hauteur de taré et est colmatée depuis 2004.

⁷ Tassinère est un village situé dans le Gandiolo. Il est ouvert sur le fleuve et est bordé par un cordon sableux.

⁸ Le cordon sableux se prolonge jusqu'au village de Taré toujours dans la zone du gandiolo à l'est du bras mort.

⁹ Piot est sur la route du gandiolo. Il se trouve à l'est de la lagune d'eau morte, bordé par un cordon littoral sableux.

sédiments transportés, dans les conditions naturelles, par le fleuve jusqu'à la mer. Les matériaux ainsi retenus sont essentiellement constitués de sable et des galets qui alimentent les plages. La perte de tels apports explique en partie l'érosion qui affecte les plages à l'amont du barrage.

3. L'extraction clandestine de sable marin

Les enquêtes effectuées auprès du service forestier de Saint-Louis confirment ce phénomène. Les contrevenants interviennent tardivement dans la nuit, pour échapper à la vigilance des agents. Des prélèvements excessifs sont notés à Guet Ndar, à l'Hydrobase, à Sor Dague, sur le cordon de Pikine. En moyenne 10 charrettes transitent par semaine par le poste de surveillance transportant chacune en moyenne 10 m³ de sable de dune blanche. Le chargement est vendu à 25 000 FCFA. Selon M. THIAM¹⁰, seule la carrière de Rao est autorisée. Cependant, le sable blanc est plus demandé que le sable de dune rouge. Or, le prélèvement de sable sur la plage accentue le déficit sédimentaire et perturbe les échanges sédimentaires entre la plage aérienne et la plage sous marine. De ce fait, les facteurs hydrodynamiques viennent davantage creuser les poches laissées par les exploitants et les nouvelles formes de trait de côte favorisent ainsi l'action des vagues en renforçant leur énergie.

4. L'occupation anarchique du cordon dunaire

Beaucoup d'aménagements empiètent imprudemment sur le domaine strictement côtier. Des villas, des hôtels, des immeubles en front des marées ont été construits en bordure du rivage, sur l'emplacement de l'avant dune, voire sur la haute plage notamment sur la zone des cents mètres.¹¹. A Saint-Louis, ce phénomène est visible sur la Langue de Barbarie notamment à Guet Ndar, Goxxu mbacc et à Hydrobase (photos 1 et 2).

Photo 1: Auberge en construction sur le cordon dunaire de l'hydrobase
04 avril 2010, cliché Leïdi



¹⁰ Un agent à la direction de la surveillance côtière de « Goxxu mbacc »

¹¹ Appelé les pas géométriques ou pas du Roy, elle est introduite au Sénégal par le décret du 20 Juillet 1900 relatif au domaine public. C'est une bande littorale sur laquelle s'appliquent les prescriptions d'urbanisme. Cette prescription interdit toute construction sur la limite des hautes eaux à compter à partir du rivage de la mer relevant du domaine public de l'Etat inaliénable et imprescriptible. (NDIAYE 2008).

Photo 2 : Immeuble
construit au bord de la mer
à Guet Ndar
cliché Leïdi, le 18 Avril 2009



Selon PASKOFF¹² (1985), l'équilibre sédimentaire d'une plage ainsi occupée est rompu car les diverses parties qui la composent sont solidaires entre elles. L'avant-dune constitue une réserve en sédiments qui peut être mobilisée par les vagues lors des vents forts pour reconstruire des barres immergées.

En occupant la dune, l'homme modifie le comportement des rivages adjacents. En particulier quand la charge solide déplacée le long d'une côte est importante et qu'il n'y a pas d'inversion périodique du sens du transfert. Ces atterrissements se forment contre les jetées qui arrêtent le courant tandis que le secteur situé au-delà de ces obstacles démaigrissent et reculent car privés d'apports sédimentaires.

¹² Roland PASKOFF est auteur de l'ouvrage, les littoraux, impact des aménagements sur évolution, publié aux éditions Masson en 1985.

5. La destruction de la végétation

La population exerce une forte pression sur la végétation ligneuse pour différents usages : source d'énergie domestique, construction des parois et charpentes des toits, clôtures des périmètres maraîchers, fourrage pour le bétail, etc. Les espèces les plus utilisées comme source d'énergie domestique sont : *Faidherbia albida*, *Acacia adansonii*, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Prosopis africana*, *Prosopis juliflora*.

A ces mêmes espèces citées s'ajoutent *Tamarindus indica* pour constituer celles qui sont les plus utilisées dans la construction tandis que les branches épineuses des Acacias sont utilisées pour les clôtures des champs. En période de soudure, le bétail sollicite fortement le fourrage provenant essentiellement d'*Acacia albida*, d'*Acacia tortilis*, de *Balanites aegyptiaca*, et de *Celtis integrifolia*.

Cette pression anthropique sur les ressources ligneuses est telle que plusieurs espèces sont menacées dans la zone (tabl. 7).

Tableau 7 : Espèces menacées dans la zone du Gandiolais

Nom espèces	observations
<i>Acacia albida</i>	très rare
<i>Tamarindus indica</i>	très rare
<i>Balanites egyptiaca</i>	assez rare
<i>Sclerocarya birrea</i>	rare
<i>Zizyphus mauritiana</i>	très rare
<i>Parinari macrophylla</i>	rare
<i>Cocos nucifera</i>	disparaît progressivement
<i>Casuarina equisetifolia</i>	très menacé

SYA.A (2009)

La dégradation du couvert végétal du système dunaire du gandiolais accentue l'érosion éolienne et la mobilisation du sable vers l'intérieur des terres pouvant entraîner un déficit de stock sédimentaire pour la plage.

III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Nous avons utilisé séparément deux méthodes différentes pour évaluer l'érosion côtière sur la Langue de Barbarie :

- le suivi de l'évolution du trait de côte et de l'occupation du sol à partir d'images satellitaires;
- l'utilisation des profils de plage et des analyses granulométriques.

3.1 LE SUIVI DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE PAR IMAGERIE SATELLITAIRE

1. Les données de base

Les données satellitaires utilisées dans le cadre de notre étude, sont les images optiques (Landsat et SPOT) et Radar (ERS-2 de SAR) dont les caractéristiques sont consignées dans les tableaux 8 et 9 suivants.

Tableau 8 : Caractéristiques des images satellitaires Radar

N°	Satellite	Type	Orbite	Frame	Mode	Date	heures	Hauteur d'eau	Marégramme	Résolution spatiale
1	ERS 2	PRI	41202	3285	Descendant	08/03 2003	11h32	1.3 m	MM	12,5 m
2			56232			21/01 2006	11h32	1.1 m	MM	
3			61242			06/01 2007	11h32	0.99	MM	
4			66753			26/01 2008	11h33	1.4 m	MM	
5			71763			10/01 2009	11h34	1.1 m	MM	
6			77274			30/01 2010	11h35	1.3 m	MM	

Tableau 9 : Caractéristiques des images satellitaires Optiques

N°	Satellites	Mode	Date	Hauteur d'eau	Résolution spatiale
1	SPOT	XI 4	31/10/2001	1.1 m	20 m
2	Landsat		17/09/2005	1,2	30 m
3			26/01/2010	1.0 m	30 m

Le traitement des images RADAR, ERS-2 de 2003 à 2006 pour le suivi du trait de côte s'est fait en deux étapes :

- le prétraitement qui comprend: la calibration avec Erdas imagine 8.4, les corrections radiométriques (filtrage) et géométriques (géo référencement) et la Spatio-interprétation avec le logiciel RViewer :

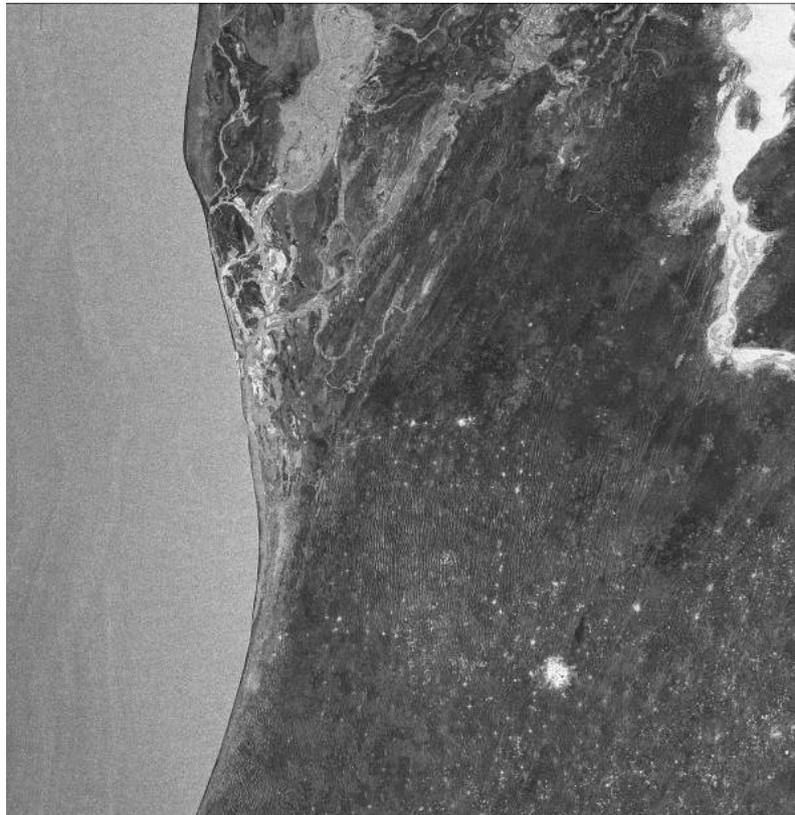
la calibration radiométrique : les images radar ERS-2 utilisées à Saint-Louis sont acquises en mode descendante et inversées de la droite vers la gauche. Elles doivent être retournées car le premier pixel de l'image occupe la dernière position de la scène. Pour cela, on fait une calibration radiométrique en intégrant dans Erdas imagine 8.4 : la largeur de l'image, l'angle d'incidence, la constante de calibration et l'image elle-même. En sortie, on aura l'image calibrée et l'image incidente correspondante (figure 15).

Le traitement des images RADAR, ERS-2 de 2003 à 2006 pour le suivi du trait de côte s'est fait en deux étapes :

- le prétraitement qui comprend: la calibration avec Erdas imagine 8.4, les corrections radiométriques (filtrage) et géométriques (géo référencement) et la Spatio-interprétation avec le logiciel RViewer :

La calibration radiométrique : les images radar ERS-2 utilisées à Saint-Louis sont acquises en mode descendante et inversées de la droite vers la gauche. Elles doivent être retournées car le premier pixel de l'image occupe la dernière position de la scène. Pour cela, on fait une calibration radiométrique en intégrant dans Erdas imagine 8.4 : la largeur de l'image, l'angle d'incidence, la constante de calibration et l'image elle-même. En sortie, on aura l'image calibrée et l'image incidente correspondante (figure 15).

Figure 15 : Image ERS-2 du 25 Juin 2005 calibrée



Les corrections géométriques : les scènes radar sont souvent déformées par plusieurs facteurs lors de la prise de vue et les positions occupées par certains points sur ces images ne sont pas les mêmes que celles qu'ils occupent sur le terrain (figure 16).

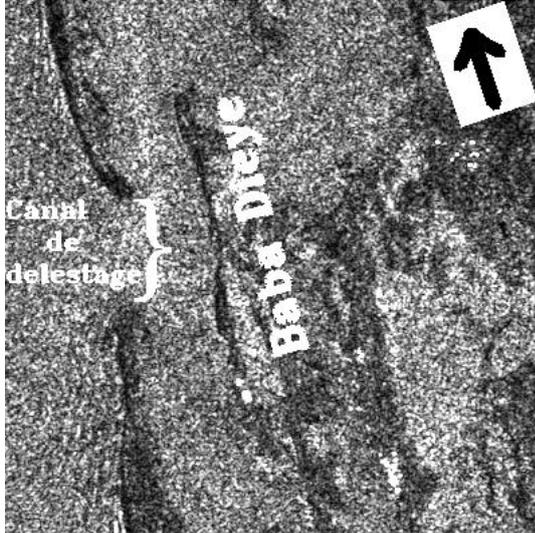


Figure 16 : Extrait ERS face Doun Baba Dieye (canal de délestage) non géo référencé

Elles doivent ainsi être corrigées pour faire des analyses et interprétations multi dates. Pour cela, on fait une correction géométrique pour corriger les déformations de la prise de vue mais aussi pour représenter les images dans une projection cartographique. Les images sont géo positionnées dans le système géodésique WGS 84, fuseau 28 Nord avec le logiciel RViewer et par modélisation physique du capteur RSO d'ERS-2.

Les corrections radiométriques : ces mêmes scènes ERS-2 sont affectées d'un chatoiement qui est un bruit multiplicatif qui leur donne un aspect genre « sel-poivre ». Ce bruit nuit généralement à la lisibilité des images et leur exploitation. Ce bruit doit être réduit en diminuant les valeurs des coefficients de variation très élevés dans ces images radar. Pour cela, on fera un filtrage automatique avec ce même logiciel RViewer qui contrairement aux autres filtres (adaptatifs, classiques,...), réduit le bruit dans les images radar tout en conservant les résolutions spatiale et radiométrique (figure 17). Cela permet de mieux voir les cibles (comme le canal, l'embouchure, les habitations,...) et de mieux détecter les contours (trait de côte).

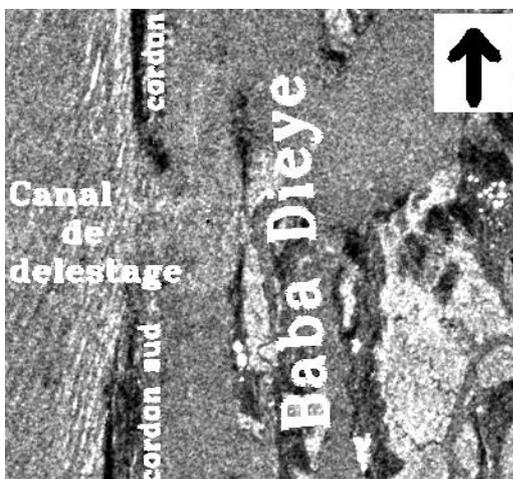


Figure 17 : Extrait ERS face Doun Baba Dieye (canal de délestage) non géo référencé

La spatio interprétation : c'est une opération qui consistera à extraire de manière automatique le trait de côte. Elle sera assistée avec le logiciel Envi 4.2 ou avec VOIR (Vision par Ordinateur des Images Radar) après binarisation, squelettisation, sommation ou soustraction.

- le traitement proprement dit : une fois le trait de côte extrait, nous déterminerons les taux d'évolution du trait de côte, en choisissant des points repères et en mesurant perpendiculairement au rivage, les distances entre ces points repères et les traits de côte multi dates. Les variations de distances entre deux traits de côte successifs donneront une idée de l'évolution du trait de côte au niveau du canal et de l'ancienne embouchure.

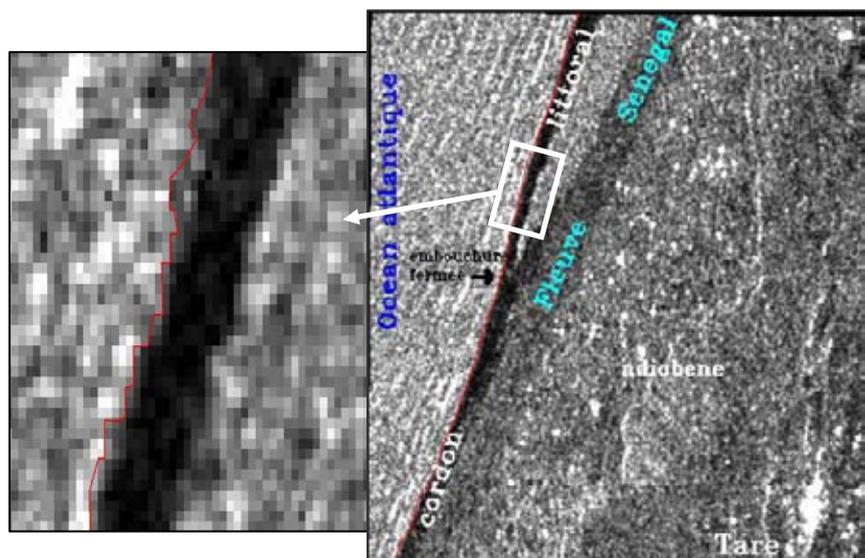
La cartographie de l'évolution de l'occupation du sol a été menée à partir d'une image SPOT (2000) et de 2 images Landsat (2005 et 2010). Pour ce faire, ces scènes ont subi une série de traitement :

- d'abord un traitement géométrique ; les images Landsat ont été calées à partir d'une scène optique déjà géoréférencée (dans le système géodésique WGS 84, projection UTM, Zone 28 N) par la méthode « image to image », grâce à des points de contrôle au sol (GCP Grounds Control Points) à partir du logiciel Envi 4.2.
- ensuite un rehaussement spatial permet de fusionner la scène SPOT avec les images Landsat pour mieux séparer les classes,
- et enfin une photo interprétation pour extraire les différentes classes au cours de la classification supervisée.

2. La ligne de référence

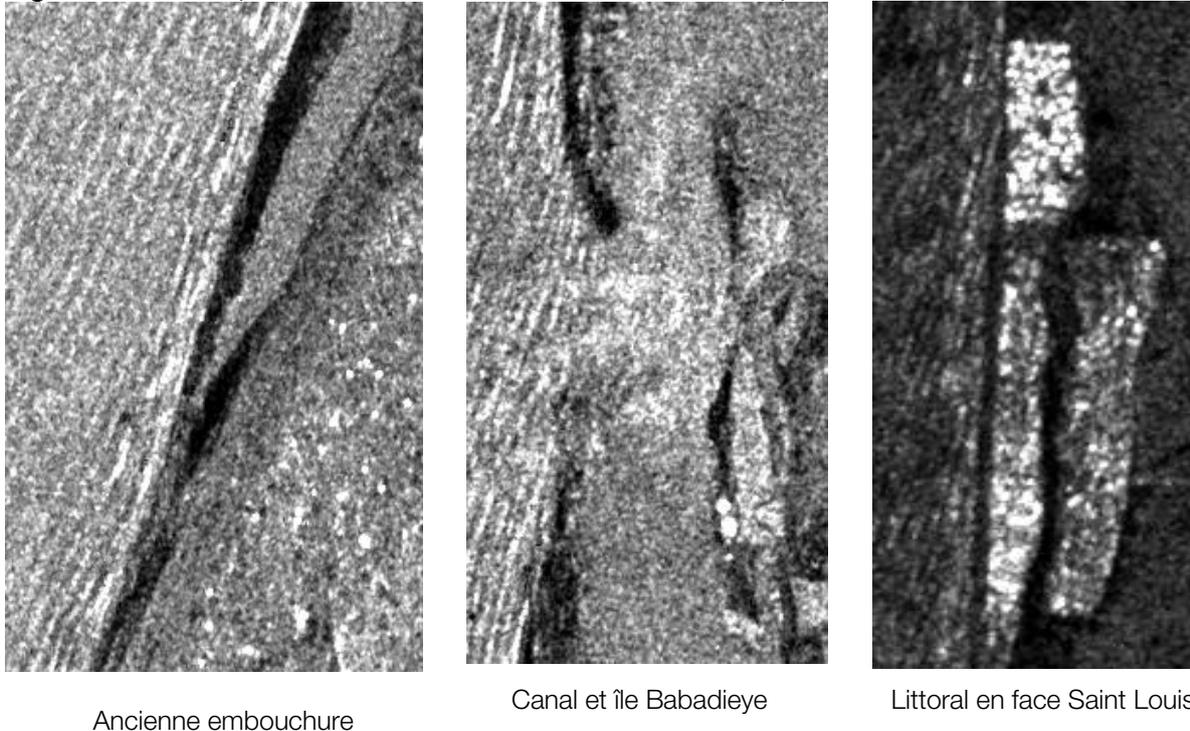
Nous avons choisi la ligne de rivage comme référence pour suivre l'évolution du trait de côte. Il est défini comme étant le niveau moyen de la marée haute. Ce choix s'explique par le fait qu'il est continu le long du littoral et facilement reconnaissable sur les images radar, constituant la limite entre les parties mouillées (apparaissant avec une très faible rétrodiffusion en gris foncé) et les parties sèches (apparaissant avec une faible réponse de rétrodiffusion en gris clair) de la plage (Niang Diop, 1995; Trébossen, 2002) (figure 18).

Figure 18 : Extraction manuelle du trait de côte



Nous avons utilisé la technique d'analyse des moyennes et découpé le littoral de Saint-Louis en quatre secteurs comme suit : Langue de Barbarie en face Saint-Louis, île Babadieye, canal de délestage et ancienne embouchure (figure 19) et pour les périodes 2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010.

Figure 19 : Quelques extraits des secteurs littoraux ciblés pour l'évaluation du trait de côte

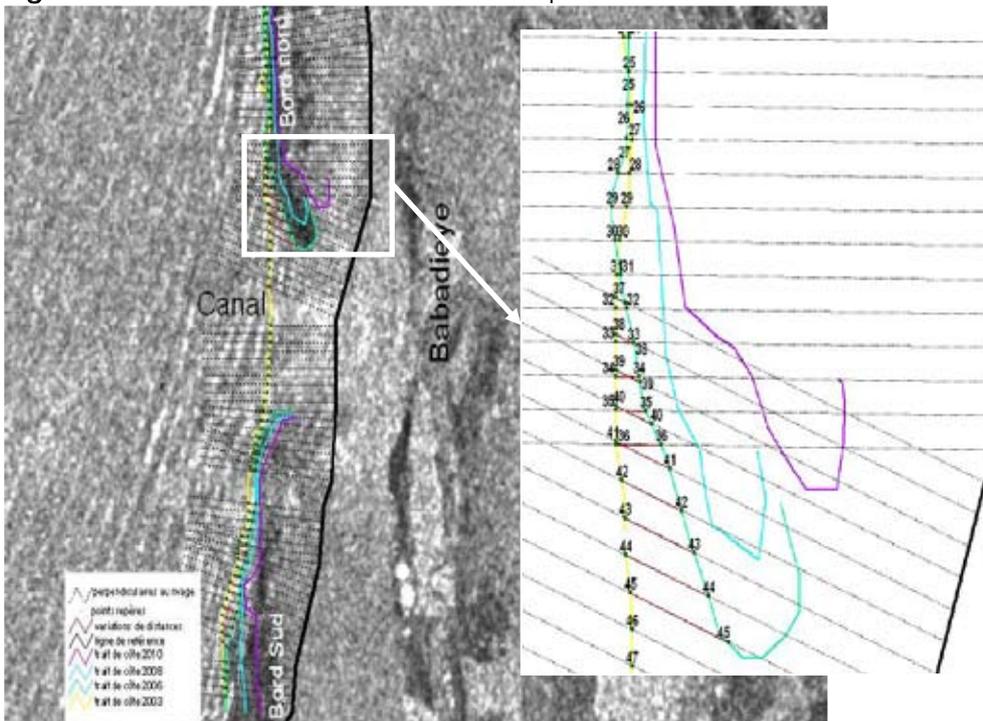


Le choix de ces zones et périodes est lié au fait que ces sites sont les plus touchés par l'érosion et que l'évolution annuelle (entre deux années consécutives) de la ligne de rivage qui peut être détectée à partir des images Radar est très faible, compte tenu de leur faible résolution spatiale (12 m). D'autres raisons expliquent aussi notre choix : les dates (presque toutes en Janvier) et les conditions de prise de vue des images (marée montante).

Pour chaque secteur, nous avons numérisé les lignes de rivage à partir du logiciel Envi 4.2, à la même échelle et sur chaque image (2003, 2006, 2008, 2010). Les mesures d'évolution de la position du trait de côte ont été effectuées à partir de l'extension DSAS (Digital Shoreline Analysis System) conçu par Thieler et al. en 2005. Cette extension est un « plugin » conçu dans ArcView, qui permet d'analyser et de quantifier les changements de position du trait de côte sur plusieurs périodes. Pour cela, nous avons effectué les opérations suivantes :

- vectoriser les lignes de rivage (comme défini ci-dessus) dans les différentes images radar géoréférencées dans le même système WGS 84, zone 28N;
- générer automatiquement des transects perpendiculaires aux traits de côte selon un pas de 50 m;
- calculer les valeurs moyennes des variations de la position du trait de côte suivant les périodes (2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010) étudiées et au niveau de chaque secteur (littoral en face Saint-Louis, le canal de délestage, l'île Babadieye et l'ancienne embouchure) (figure 20).

Figure 20 : Localisation des mesures de position du trait de côte au canal.



Le DSAS nous donne automatiquement sous forme de table, les taux moyens de variations du trait de côte le long de chaque secteur d'étude. Ces tables à plusieurs colonnes d'attributs sont ensuite exportées sous Excel et les colonnes "Change", "EPR" (End Point Rate) et "LRR" (Linear Regression Rate-of-change) serviront à évaluer respectivement, les moyennes sur les périodes (m), les moyennes annuels (m/an) et les taux d'évolution calculés par régression linéaire (m/an) pour chaque secteur (tableau 10).

Tableau 10 : exemple de table obtenu après traitement avec DSAS.

TransectID	CHANGE	EPR	LRR
1	38,1038585637	27,67	19,03
2	50,5792738706	10,68	10,09
3	63,0546891776	6,50	9,13
4	75,5301044846	8,86	8,48
5	65,4480019459	21,59	10,23
6	32,3476007852	2,22	9,34
7	35,9914072134	-1,14	7,40
8	45,2508023984	3,89	7,10
9	40,6314536901	8,92	6,16
10	44,1923922789	13,95	6,21
11	48,8398281763	18,98	6,38
12	47,3090718054	24,01	6,84
13	43,7040010461	22,05	7,26
14	40,5297839589	13,14	7,49
15	34,8927083862	14,04	7,80
16	28,2068513769	14,95	8,00
17	25,2512780017	15,85	7,95
18	24,0822925138	10,68	6,07

L'évolution sur l'ensemble de la période étudiée (2003-2010) est calculée par régression linéaire appliquée aux évolutions mesurées sur toutes les périodes précédentes (2003-2006; 2006-2008 et 2008-2010)

Pour l'occupation du sol, la procédure utilisée est la classification supervisée. Celle-ci est basée sur la notion de zones d'entraînement de Borstad et Lillesand (1991) et nécessite une bonne connaissance de la zone d'étude mais aussi des travaux de photo-interprétation. Avec Envi 4.2, cette classification se fait en trois étapes : i) la définition de zone d'entraînement, ii) la création de signatures spectrales à partir de ces zones d'entraînement, iii) l'application d'un algorithme de classification sur la base de signatures spectrales dérivées des zone d'entraînement. L'extraction automatique des régions classifiées sous forme de couches-vecteurs a permis d'identifier huit (08) classes (océan atlantique, cours d'eau du fleuve, nappes et eaux troubles, végétation aquatique, végétation clairsemée, sol nus, boues et sables humides, zones de cultures) en plus du réseau routier, du bâti, des aménagements et de l'extrémité distale de la flèche littorale de Barbarie.

3. L'estimation des marges d'erreur.

Bien que les images radar constituent des documents relativement bien adaptés pour étudier l'évolution du trait de côte et souvent utilisées à cet effet (Rudant et al., 1996 ; Suanez et Simon, 1997 ; Durand, 1998 ; Trebossen, 2002), elles présentent néanmoins de nombreuses déformations géométriques. Ces déformations peuvent être responsables d'erreurs de plusieurs dizaines de mètres entre la scène et la réalité.

L'évolution de la ligne de rivage étant très variables dans notre zone d'étude (Bâ et al, 2007; Wade et al, 2009), les images sont rectifiées avec précision en tenant compte du pixel (12 m x 12 m) qui est égale à la résolution spatiale dans le cas des scènes ERS de SAR.

Les images ERS 2 des années 2003 et 2006 ont été directement calées sans points d'appui grâce au logiciel RViewer développé par Trébossen (2002) de l'Université de Marne La Vallée de Paris.

Les autres scènes 2007, 2008, 2009 et 2010 ont subi le traitement par la méthode « image to image » (rectification polynomiale de 1er ordre) avec le logiciel Envi 4.2 et en prenant comme images de base celles des années 2003 et 2006.

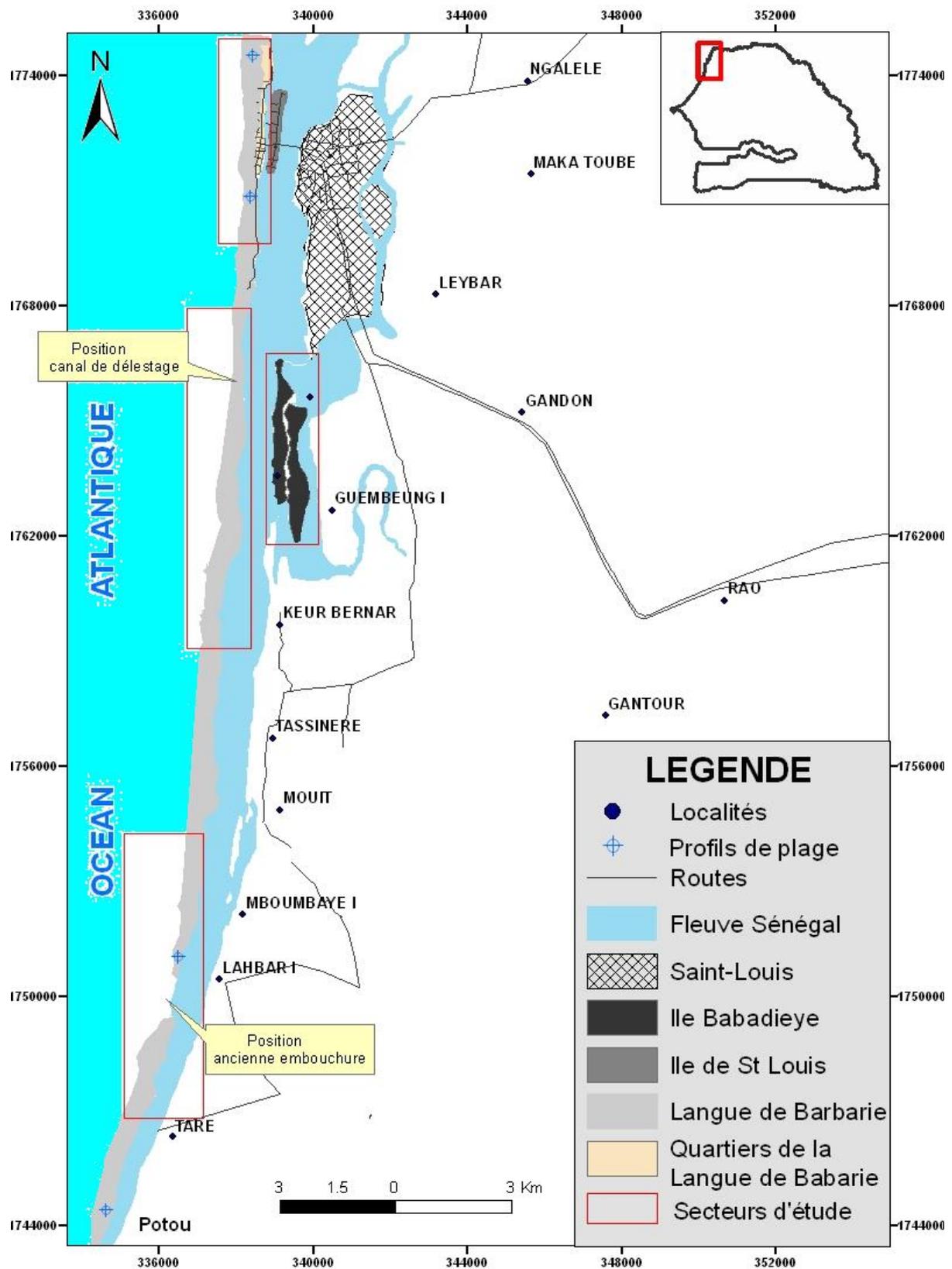
Compte tenu des différentes sources d'erreurs possibles, la marge d'erreur associée à la délimitation du trait de côte sur les scènes radar a été estimée à + ou - 6.5 m, y compris les erreurs de repérage des amers (+ ou - 2 m) sur les images radar, les erreurs de repérage du trait de côte (+ ou - 3 m) et l'erreur de calcul du logiciel Envi 4.2 (+ ou - 1,5m), pour l'ensemble des points amers.

3.2 L'ACQUISITION DES DONNEES DE TERRAIN

1. Les profils de plage

Pour mesurer le rythme du recul du cordon suite à l'érosion par la dynamique océanique, un alignement de mires à été installé, jalonnant le front sud du cordon à Gadga Lahrar, soit un total de 2 transects (figure 21) : le transect 1 ou Gadga 1 et le transect 2 ou Gadga 2. Chaque Transect comprend 3 mires, les troncs de *Casuarina equisetifolia* (filaos) constituent les repères. Pour étudier l'évolution du phénomène des contrôles périodiques ont été faits (Installation: le 03/02/08, Contrôle 1: le 13/03/08, Contrôle 2: le 11/05/08, Contrôle 3: le 10/08/08, Contrôle 4: le 15/11/08, Contrôle 5: le 11/01/09, Contrôle 6: le 18/02/09: nous disposons ainsi des résultats sur une période d'observation de 12 mois par intervalle régulière de 2 mois. Le traitement statistique de contrôles issus des différentes stations d'observations installées depuis 2008 a permis de connaître de manière précise le rythme du recul du cordon. Les données sont stockées et traitées sur Excel et exploitées sous forme de graphiques analysés et interprétés.

Figure 21 : Localisation des profils de plage



Nous avons effectué des levés topographiques complémentaires les 03 et 04 avril 2010. A l'aide du GPS, trois points sur les différentes séquences de la plage à savoir le supratidale, l'intertidale et l'infratidale ont été choisis. Pour chaque point, on a relevé les coordonnées en X et Y à l'aide du GPS. L'intégration de ces coordonnées dans la base de données du logiciel Arc view a permis de mieux apprécier la morphologie de la plage. Les profils de plage sont faits sur les zones à risque potentiel à savoir à l'extrême Nord de la Langue (Goxxu mbacc) à Gadga Lahrar, Niayam et hydrobase.

2. Les analyses granulométriques

Les résultats ont permis de caractériser la dynamique des sédiments. Ils ont davantage renseigné sur la nature sédimentologique du milieu, le degré et la nature d'érosion. L'étude a porté sur la granulométrie et la morphoscopie des échantillons de sable prélevés en surface sur le cordon, la haute plage, la basse plage et l'estuaire; quelques 100 échantillons répartis ainsi qu'il suit seront analysés :

- 40 échantillons sont prélevés sur les plages et le cordon blanc de Niayam, Gadga, Goxxu mbacc: analyse granulométrique SG, SM, SF et STF (mailles de 1 mm à 0,032 mm).
- 40 échantillons sont prélevés dans les ndioukis: analyse granulométrique SG, SM, SF et STF (mailles de 1 mm à 0,032 mm); détermination des argiles, des limons, des matières organiques, du pH, de la conductivité et éventuellement des bases échangeables (sodium, potassium, calcium, magnésium).
- 20 échantillons sont prélevés dans l'estuaire: analyse granulométrique SG, SM, SF et STF (mailles de 1 mm à 0,032 mm); détermination des argiles, des limons, des matières organiques, du pH, de la conductivité et éventuellement des bases échangeables (sodium, potassium, calcium, magnésium).

3. Les enquêtes et entretiens

Les enquêtes et entretiens ont concerné principalement les collectivités côtières. Cette cible est classée en deux catégories: Celle vivant directement les effets de l'érosion côtière (pêcheurs de Guet Ndar, habitants de la Langue de Barbarie, prestataires privés et maraichers, Ecogarde du Parc National de la Langue de Barbarie), celle vivant indirectement les effets de l'érosion: il s'agit du Service des Eaux et Forêts, du Service de l'Environnement de Saint Louis, de l'Agence Régionale de Développement. Pour la première cible (celle vivant directement les effets de l'érosion) le travail s'est effectué sur le terrain (nous trouvons les enquêtes chez eux ou dans leur lieu de travail) sur la base d'un questionnaire préalablement élaboré. Rappelons que les questions varient en fonction des cibles (formulaire en annexe).

Pour l'ensemble de la première cible, nous cherchions à mieux caractériser les effets de l'érosion sur les enquêtés. Cela a permis de faire une étude des conséquences socioéconomique et écologiques de la dynamique du cordon littoral gandiolaï.

Pour la deuxième cible (celle vivant indirectement les effets de l'érosion), le travail s'est fait sur la base de guides d'entretiens (voir annexe) préalablement conçus en fonction des cibles. Rappelons que cette cible est constituée des spécialistes de la question d'érosion. Pour ceux la, les questions sont principalement orientées sur les facteurs d'érosion et les stratégies de gestions. Cette approche permettait de compléter l'analyse des facteurs de la dynamique.

Les enquêtes ont été conduites auprès :

- des pêcheurs de Guet Ndar, le 03 avril 2010;
- des maraîchers de Potou, le 03 avril 2010.

Les entretiens ont concerné les structures suivantes :

- service des Eaux et Forêts, le 1er avril 2010;
- service régional de l'environnement de Saint Louis, le 15 avril 2010;
- écogardes du Parc National de la Langue de Barbarie, le 03 avril 2010;
- Agence Communale de Développement, le 31 mars 2010;
- service du Tourisme et des Transports Aériens, le 07 avril 2010;
- Division maritime de Saint Louis, 08 avril 2010.

IV. EVOLUTION DIACHRONIQUE DU TRAIT DE CÔTE

4.1 EVOLUTION DU TRAIT DE COTE POUR LES PERIODES 2003-2006, 2006-2008 ET 2008-2010

1. Secteurs du littoral en face de Saint-Louis et de l'île Babadiéye

a. Littoral en face de Saint-Louis

L'analyse de la figure 19 et du tableau 11 montre que :

- De 2003 à 2006, le littoral est caractérisé par un recul général dans les secteurs de Ndar-Tout et Guet-Ndar; dans ces deux zone le rivage a reculé de 7,01 et 11,26 m respectivement soit un taux de -2,33 et -3,75 m/an. Goxxu-Mbacc a enregistré un fort taux de progradation, soit environ 13,74 m/an.

Tableau 11 : Moyennes suivant les secteurs et les périodes

	Goxxu-Mbacc		Ndar-Tout		Guet-Ndar	
	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle
2003-2006	4,25	13,74	-11,26	-3,75	-7,01	-2,33
2006-2008	-19,47	-9,73	12,21	6,11	3,46	1,73
2008-2010	32,28	16,12	3,46	1,73	5,25	2,62

- De 2006 à 2008, le phénomène est inversé, Goxxu-Mbacc a reculé de 19,47 m soit un taux de -9,73 alors que Ndar-Tout et Guet-Ndar ont connu des accumulations, environ 3,46 m et 12,21m respectivement.
- De 2008 à 2010, Goxxu-Mbacc et Ndar-Tout ont connu un fort avancé du rivage de 32, 28 m et 5,25 m soit des vitesses de l'ordre de 16,12 et 2,62 m/an respectivement. Ndar-Tout a lui reculé de 2,42 m soit un rythme de -2,42 m/an.
- Dans cette partie du littoral, nous pouvons dire que la zone d'érosion maximale se déplace d'une extrémité à l'autre du rivage; tantôt elle est à Guet-Ndar (2003-2006), tantôt à Goxxu-Mbacc (2006-2008).

b. Secteur de l'Île Babadieye

A l'île Babadieye, on note deux phénomènes (figure 22 et tableau 12) :

- une érosion généralisée au centre de l'île (avec respectivement un taux de recul - 24,87; -41,49 et -61,16 entre 2003-2006; 2006-2008 et 2008-2010). Les moyennes sur les trois périodes sont respectivement -74,67 ; -82,98 et -122,29 m.
- une sédimentation presque généralisée sur les bords nord et sud de l'île ceci pour toutes les périodes. Dans ces extrémités, l'accumulation est d'environ 88,11m et 65,63 m en 2003-2008; 47,75 et 47,5 en 2006-2008 et 11,90 et 16,62 m en 2008-2010 sur les extrémités Nord et Sud de l'île.

Tableau 12 : moyennes suivant les secteurs et les périodes

	Bord Nord		Centre		Bord Sud	
	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle
2003-2006	80,11	26,28	-74,67	-24,87	65,63	22,93
2006-2008	47,75	23,87	-82,98	-41,49	47,50	23,76
2008-2010	11,90	5,94	-122,49	-61,16	16,62	8,30

En face Saint-Louis, les causes de l'érosion matérialisée par le recul du rivage semblent bien naturelles et liées aux facteurs climatiques et dynamiques. Cependant, elles peuvent être provoquées ou accélérées par les actions anthropiques telles que les extractions de sables côtiers, les aménagements littoraux, l'abattage des filaos et l'ouverture du canal suite aux inondations de la ville.

Les forts taux d'érosion notés en face l'île Babadieye, ne peuvent avoir comme cause que la nature du processus en cours. En effet, l'ouverture du canal de délestage sur la Langue de Barbarie a entraîné une augmentation de l'action des houles qui viennent directement se heurter l'île faisant face aux houles entraînant ainsi un fort recul du trait de côte.

Les accumulations observées sur les bords nord et sud de l'île Babadieye seraient certainement dues aux sédiments provenant de l'érosion de la partie centrale de l'île et aussi de l'érosion des parties nord et sud du canal faisant face à cette même île.

2. Secteurs du canal de délestage et de l'ancienne embouchure

a. Au niveau du canal de délestage

Sur le littoral, aux environs de cet aménagement artificiel ouvert en octobre 2003 (figure 23 et tableau 13), l'érosion est généralisée pour toute les périodes 2003-2006 , 2006-2008 et 2008-2010. Cependant le bord Nord est moins touché (vitesse de recul maximale -28 m/an) que le Sud du canal (vitesse maximale -33,67 m/an) pour toutes les périodes considérées. Les moyennes sont évaluées à -24,88; -49,56 et -57,88 m sur le bord Nord et à -46,95; -54,15 et -63,43 m sur le bord Sud respectivement entre 2003-2006; 2006-2008 et 2008-2010.

Tableau 13 : moyennes suivant les secteurs et les périodes

	Extrémité Nord		Extrémité Sud	
	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle
2003-2006	-24,88	-8,29	-46,95	-13,64
2006-2008	-49,86	-23,13	-54,15	-27,23
2008-2010	-57,88	-28,90	-63,43	-33,67

Comme au centre de l'île Babadiéye, les forts taux d'érosion notés au niveau du canal, sont généralement liés à la nature de la dynamique présente en ce lieu, en l'occurrence aux houles extrêmes.

b. Au niveau de l'ancienne embouchure

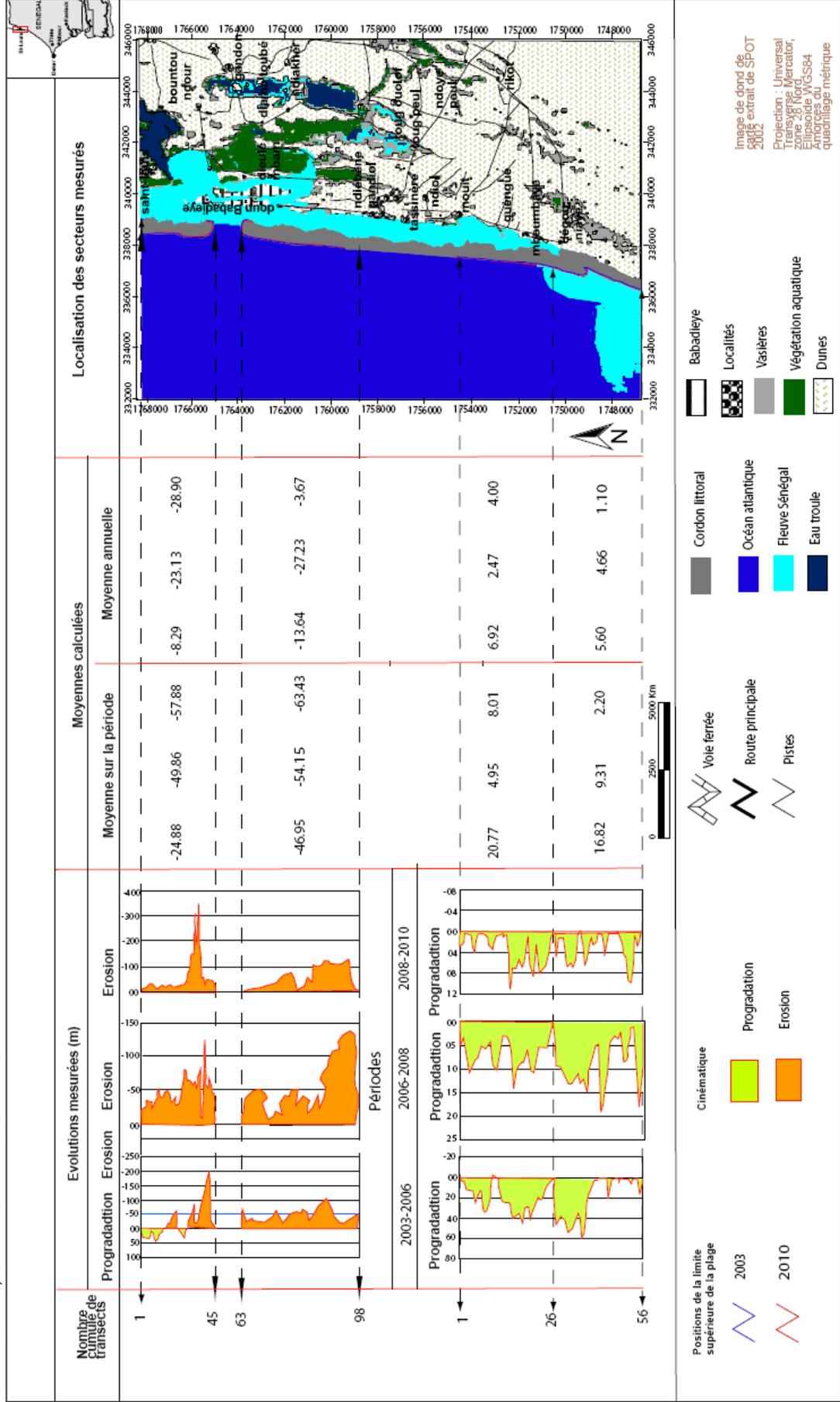
Au niveau de cet aménagement naturel (figure 23 et tableau 14), contrairement aux phénomènes observés sur le canal de délestage, la progradation est généralisée sur les extrémités Nord et sud. Celle-ci est plus accentuée au Nord (pour les périodes 2003-2006 et 2008-2010) qu'au Sud du chenal d'embouchure. Les moyennes calculées sont 20,77; 4,95 et 8,01 m sur le bord Nord contre 16,82; 9,31 et 2,20 m sur le bord Sud respectivement entre 2003-2006; 2006-2008 et 2008-2010; soit des vitesses moyennes annuelles de 6,92; 2,47 et 4,00 m/an au Nord contre 5,60; 4,66 et 1,10 m/an au Sud pour ces mêmes périodes.

Tableau 14 : moyennes suivant les secteurs et les périodes

	Extrémité Nord		Extrémité Sud	
	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle	Moyenne sur la période	Moyenne annuelle
2003-2006	20,77	6,92	16,82	5,60
2006-2008	4,95	2,47	9,31	4,66
2008-2010	8,01	4,00	2,20	1,10

La forte sédimentation observée au niveau de l'ancienne embouchure est liée aux apports sédimentaires de la dérive littorale perpendiculairement à la côte. Ces dépôts sableux par la dérive estimée environ entre 6 00 000 et 1 000 000 m³/an seraient à l'origine de la fermeture actuelle de cette embouchure située à environ.

Figure 23 : Évolution du rivage externe de la Langue de Barbarie dans les secteurs du canal de délestage et de l'ancienne embouchure au cours des périodes 2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010.



4.2 EVOLUTION DU TRAIT DE COTE SUR LA PERIODE 2003-2010

L'évolution sur l'ensemble de la période est calculée par régression linéaire appliquées aux évolutions mesurées sur toutes les périodes intermédiaires 2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010. La pente de la droite de régression correspondra alors au taux d'évolution moyen. Cette évolution est obtenue à partir de l'attribut LRR (Linear Regression Rat-of-change) correspondant à la valeur de la pente de la droite de régression linéaire positionnée dans le nuage de points formé par les distances entre tous les points d'intersection de chaque transect et des traits de côte comparés. Elle permet d'évaluer la cinématique du trait de côte entre 2003 et 2010 dans la mesure où elle traduit le taux d'évolution annuelle de la ligne de référence le long de chaque transect et que son calcul tient compte de la tendance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée.

1. Secteurs du littoral en face de Saint-Louis et de l'Île Babadieye

Les figures 24 et 26 et le tableau 15, montrent l'évolution du trait de côte calculée par régression linéaire dans les différents secteurs du littoral faisant face à la ville de Saint-Louis et au niveau de l'île Babadieye pour la période d'étude 2003 à 2010.

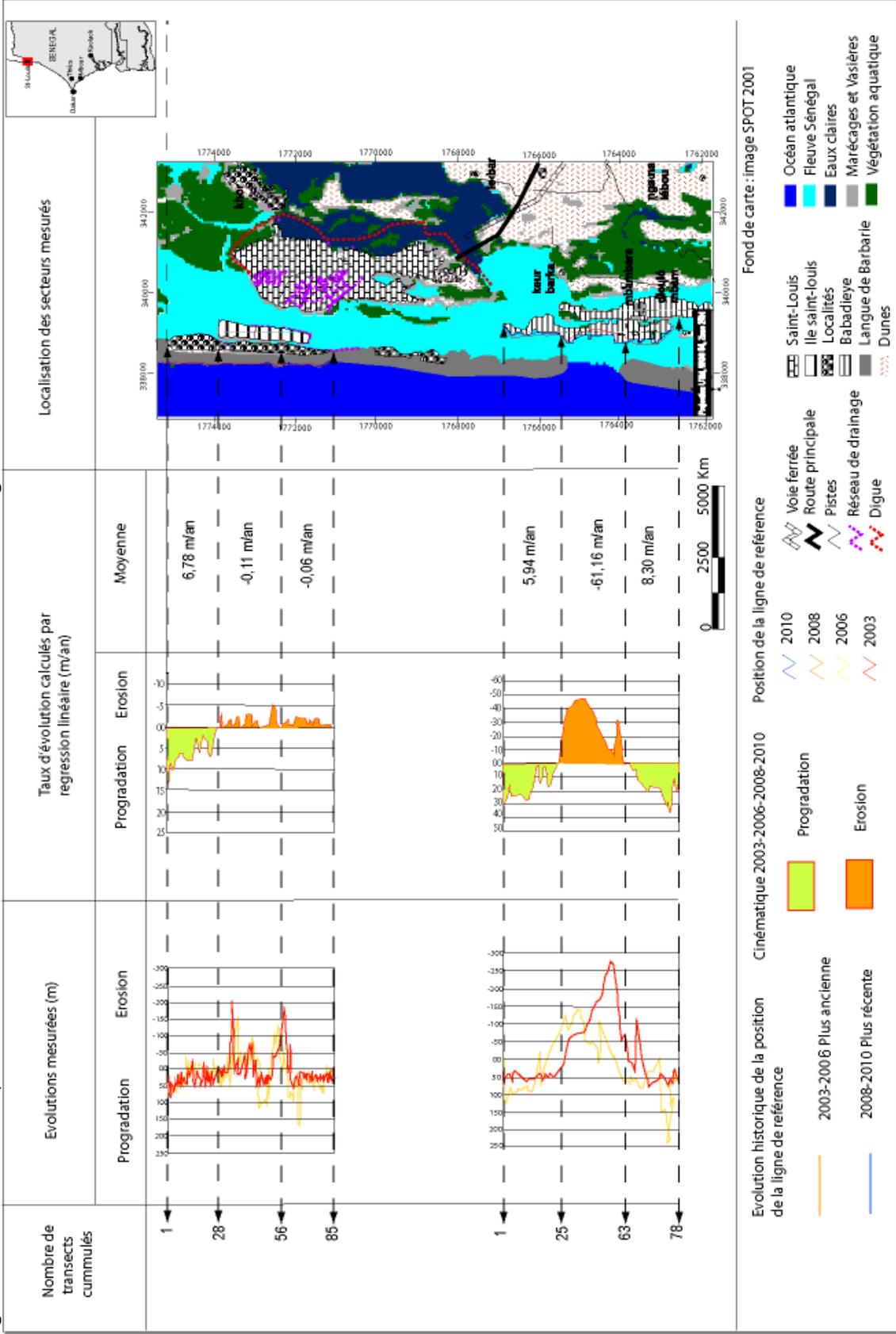
Tableau 15 : Moyennes calculées par régression linéaire pour la période 2003-2010

Face Saint-Louis	Goxxu-Mbacc	Ndar-Tout	Guet-Ndar
Moyenne	6,78	-0,11	-0,06
Babadieye	Bord Nord	Centre	Bord Sud
Moyenne	5,94	-61,16	8,30

Sur le littoral de la Langue de Barbarie en face de Saint-Louis, la tendance générale est à l'érosion avec une forte accumulation à Guet-Ndar. Ce recul généralisé du trait de côte à Ndar-Tout et Guet-Ndar est certes liée à la dynamique naturelle marine (les vagues) mais certainement accentuée par l'action anthropique marquée par la forte occupation du sol (habitats, campements touristiques, extraction de sable de plage,...).

À l'île Babadieye, on note deux tendances : une accumulation généralisée au nord et au sud de l'île (5,94 et 8,30 m/an respectivement) suivie d'une érosion généralisée au centre de l'île (-61,16 m/an). Ce qui fait penser que les sédiments érodés au centre de l'île se sont déposés au nord et au sud de cette île.

Figure 24 : Régression linéaire sur la période 2003-2010 dans les secteurs du littoral de la Langue de Barbarie en face Saint-Louis et à l'île Babadieye



2. Secteurs du canal de délestage et de l'ancienne embouchure

Au niveau de ces deux secteurs, l'analyse de la figure 24 du tableau 16 montre que pour la période 2003-2010 :

Tableau 16 : Moyennes calculées par régression linéaire pour la période 2003-2010

Canal de délestage	Bordure Nord	Bordure Sud
Moyenne (m/an)	-22,09	-24,90
Ancienne embouchure	Bordure Nord	Bordure Sud
Moyenne (m/an)	4,89	3,45

Au canal de délestage, l'érosion est généralisée avec un taux variant entre -22,09 m/an (au nord) et -24,90 m/an (au sud).

À l'ancienne embouchure, le bilan est positif avec un taux de sédimentation plus important au nord (4,89 m/an) qu'au sud (3,45 m/an). Ceci explique la fermeture actuelle et définitive de chenal par rapprochement des bords nord et sud.

La variation de la largeur du canal de délestage se fait en sens inverse avec celle de l'ancienne embouchure; ceci rejoint la théorie de Delpit (1954) selon qui : au niveau de la Langue de Barbarie, la coexistence de deux embouchures présente un phénomène éphémère, si une nouvelle embouchure s'ouvre au nord, celle située au sud aura tendance toujours à se colmater. La figure 25 ci-dessous montrent l'état actuel au niveau de deux aménagements.

Figure 25 : Extraits d'images Landsat 2010 montrant l'état actuel du canal de délestage (largeur >2000 m) et de l'ancienne embouchure (complètement fermée)

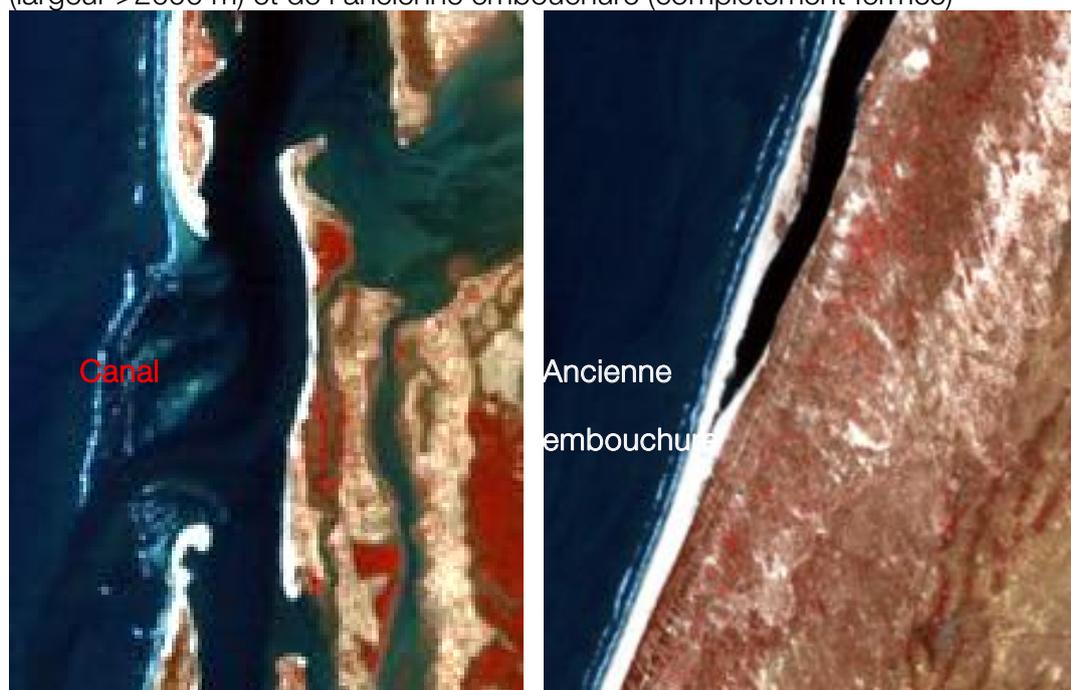
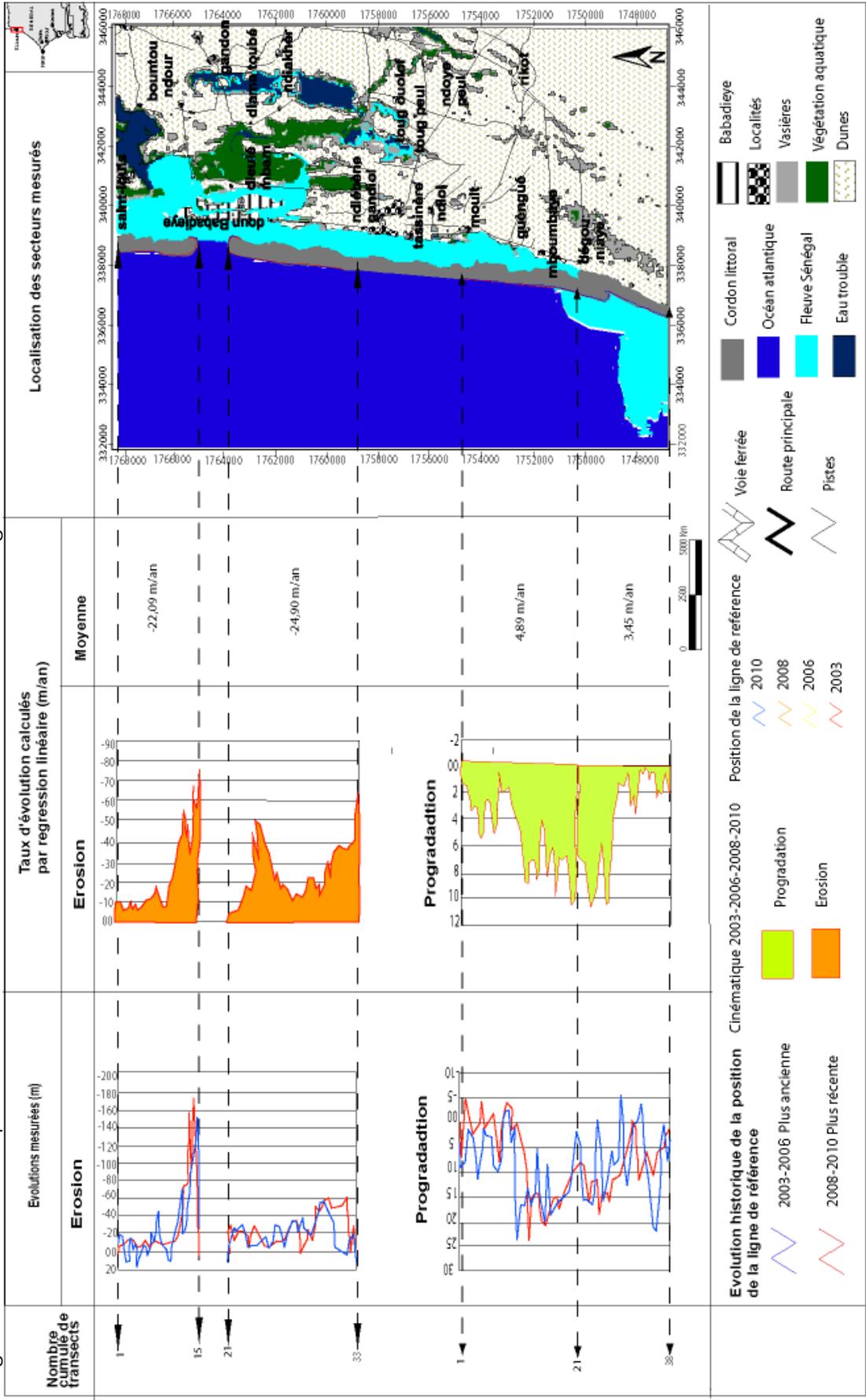


Figure 26 : Régression linéaire sur la période 2003-2010 dans les secteurs du littoral de Barbarie en face Saint-Louis et à l'île Babadiéye



V. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS OBTENUS

5.1 RAPPEL DE LA GOUVERNANCE DE LA GESTION DURABLE DU LITTORAL ET LUTTE CONTRE L'EROSION COTIERE

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 17.

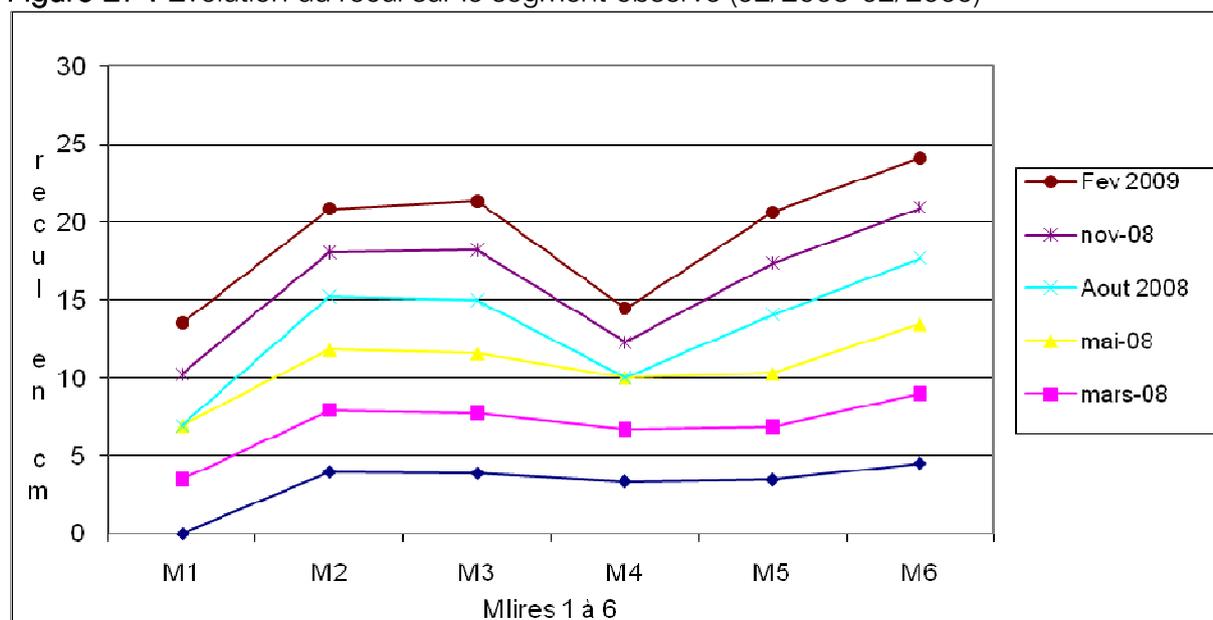
Tableau 17 : Stations d'observation du recul/cm du cordon vif à Gadga 1 et Gadga 2

Dates/contrôles	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Installation 02/2008	3,5	3,95	3,86	3,34	3,44	4,5
C1: 03/2008	3,47	3,94	3,85	3,36	3,42	4,47
C2: 05/2008	3,45	3,89	3,85	3,31	3,4	4,47
C3: 08/2008	3,37	3,4	3,4	2,66	3,78	4,2
C4: 11/2008	3,3	2,84	3,2	2,23	3,3	3,23
02/2009 Résultats	3,29	2,81	3,18	2,21	3,27	3,21
	0,21	1,14	0,68	1,13	0,17	1,29

Source A.A.SY (2009)

L'exploitation des résultats au bout de 12 mois de contrôle et de suivi révèle une vitesse moyenne de recul du cordon vif à Gadga Lahrar de l'ordre de 4,62 cm. Cependant, le rythme de recul n'est pas le même au niveau de toutes les mires (figure 27).

Figure 27 : Evolution du recul sur le segment observé (02/2008-02/2009)



Néanmoins, même si la tendance générale est au recul, l'observation des profils des mires aux différents contrôles laissent apparaître des disparités entre les deux postes de mires.

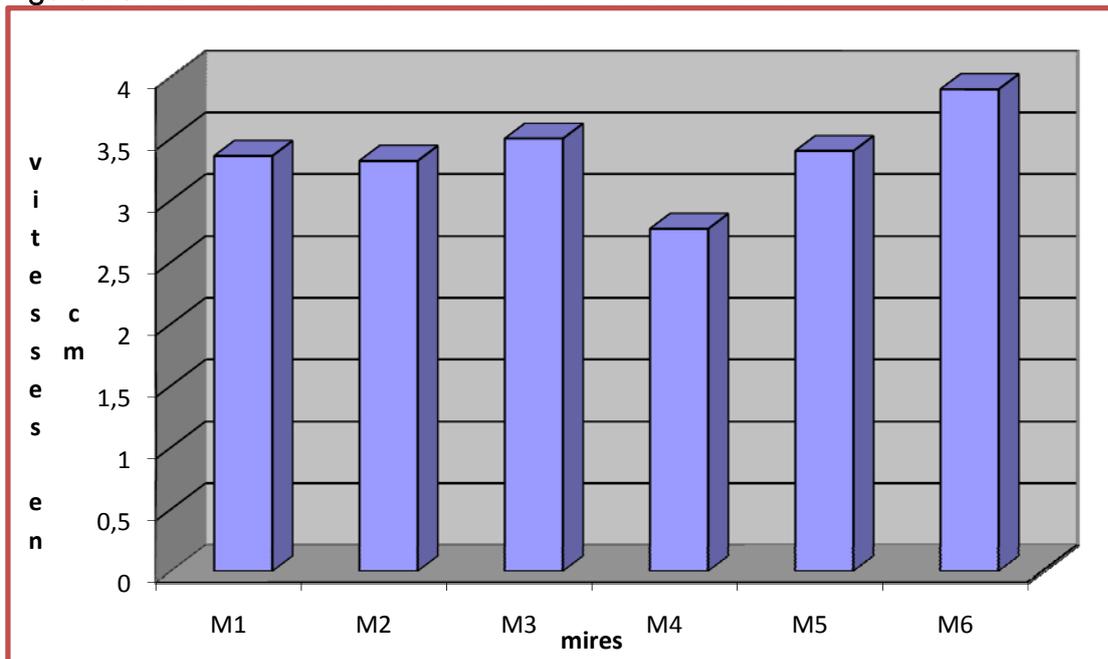
Au niveau du poste d'observation de Gadag 1, qui est constitué par les mires M1, M2 et M3, la progression est moins importante. Sur le poste de Gadga 2 constitué par les mires M4, M5 et M6, la courbe est ascendante. Ainsi, sur deux sites distants de moins de 500 m, la vitesse de recul est variable.

Cela réconforte l'idée selon laquelle le site de Gadga 2 a une position plus parallèle au rivage et permet aux agents érosifs de l'aborder de manière plus active; les diagrammes rendent ce phénomène plus expressif. En plus des courbes, ils mettent l'accent sur les vitesses de recul.

L'enseignement à tirer est que cette méthode indique clairement l'évolution du profil de plage au niveau du segment observé. Elle n'est pas coûteuse et peut être généralisée sur des distances importantes, tout le long du littoral Nord du Sénégal.

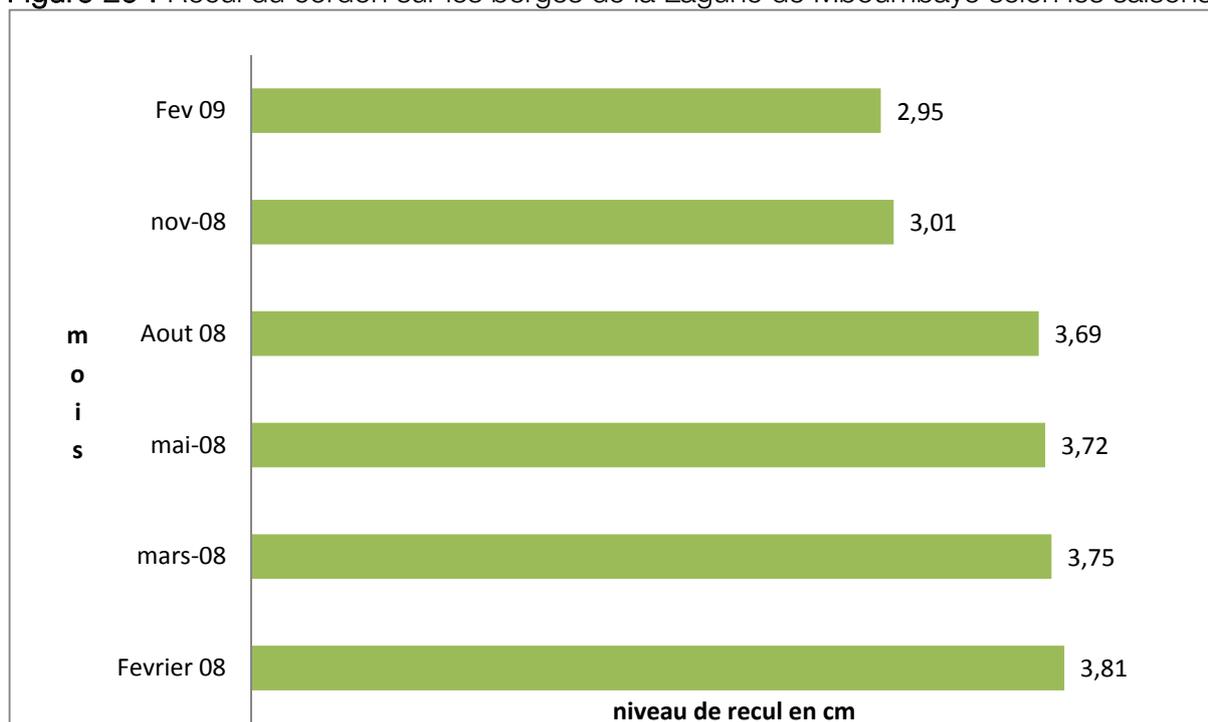
Les vitesses de recul peuvent varier du simple au double selon l'exposition du trait de côte par rapport à l'incidence des rouleaux de vagues engendrant les jets de rive-jets de retour (figure 28).

Figure 28 : Les variations des vitesses de recul au niveau des mires



En plus des variations notées dans l'évolution et dans les vitesses de recul, on remarque que pendant certaines périodes de l'année le recul est plus significatif (figure 29).

Figure 29 : Recul du cordon sur les berges de la Lagune de Mboumbaye selon les saisons



Le recul est légèrement plus actif en saison sèche. Certains auteurs ont montré que les agents naturels de l'évolution littorale sont plus dynamiques en hivernage. Cette petite contradiction sur la falaise de Gadga est due au fait que pendant l'hivernage, le transport par les vagues est amoindri par les précipitations qui s'abattent sur le versant de la falaise. Ses sédiments deviennent plus solidaires et résistent mieux à la dynamique des vagues.

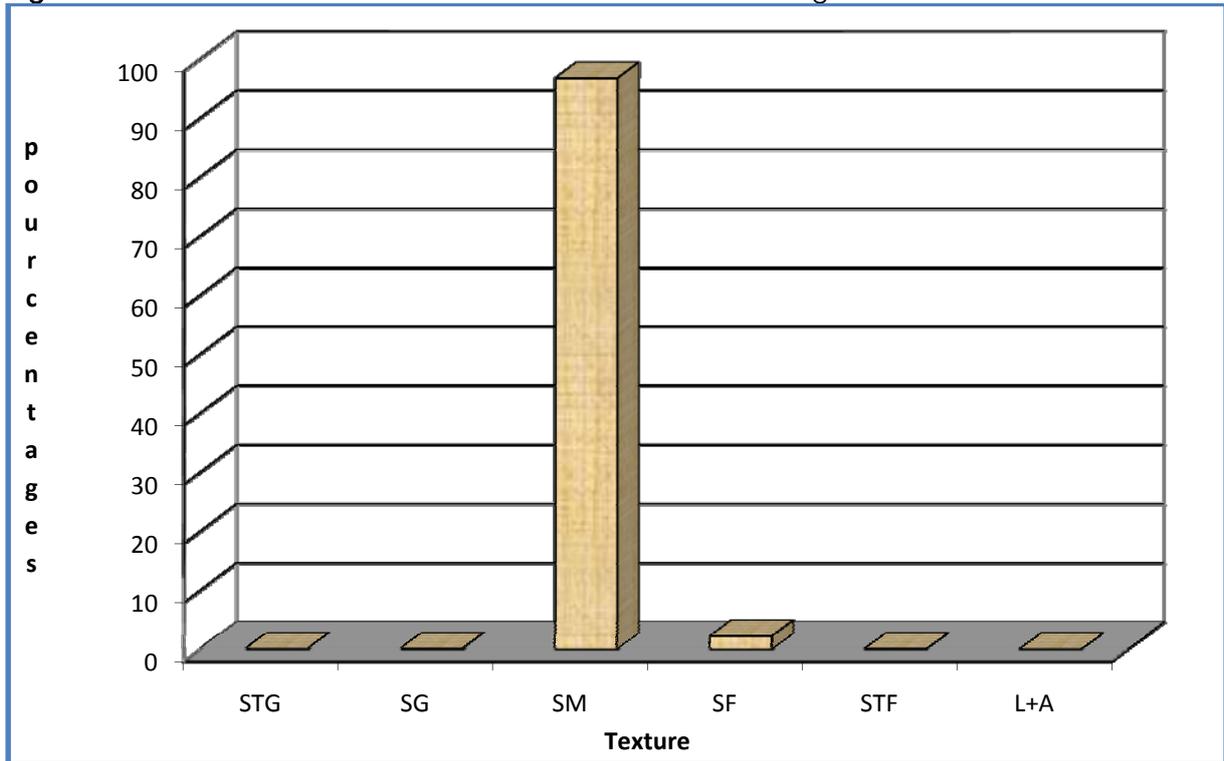
Pendant cette période, la falaise est plutôt sous l'action d'une érosion pluviale par ruissellement. Ce phénomène a une faible incidence sur la dynamique du cordon en raison de la faiblesse de la pluviométrie dans cette zone et l'amortissement des gouttes par les rideaux de brises vents (*Casuarina equisetifolia*).

5.2 ANALYSE DES DONNEES GRANULOMETRIQUES

ANALYSE DES POPULATIONS GRANULOMETRIQUES DE LA PLAGE

La répartition des populations granulométriques au sein des échantillons dans les différentes séquences de la plage et de la zone ont aboutit aux résultats de la figure 30.

Figure 30 : Granulométrie d'échantillons de la falaise de Gadga Lahrar



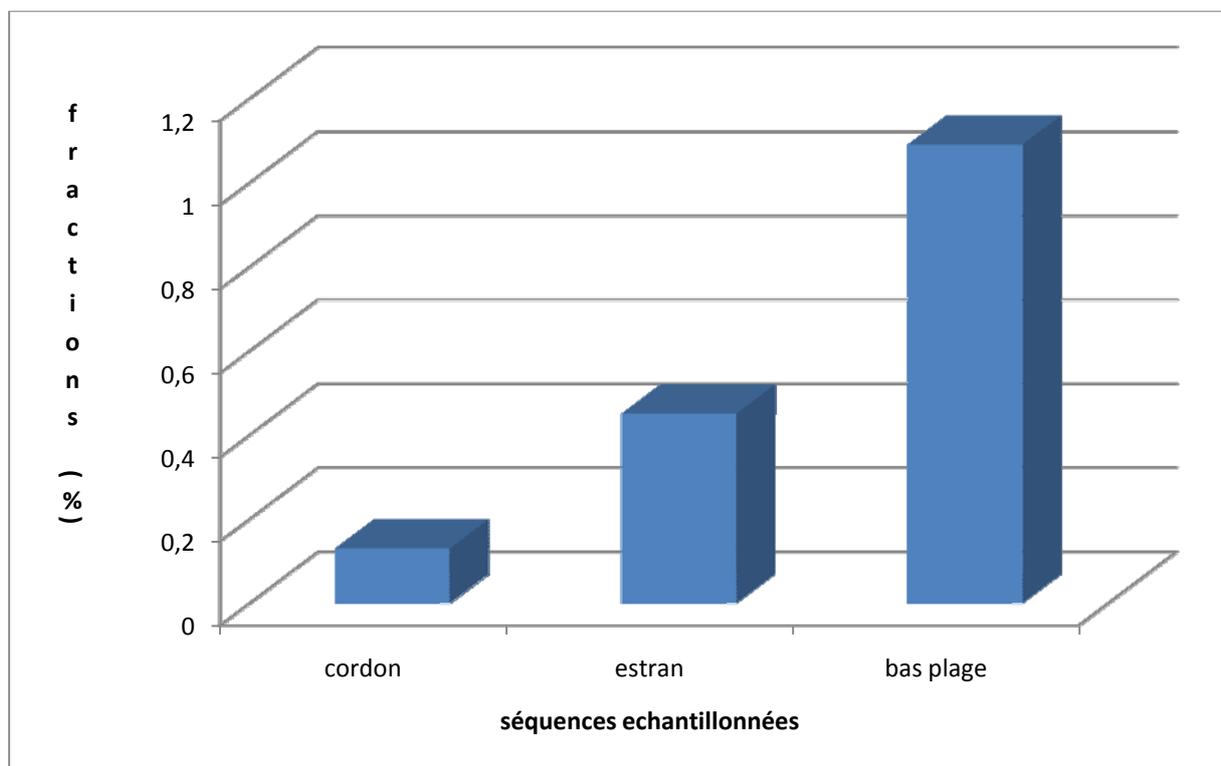
Lire: STG (sables très gros); SG (sables gros); SM (sables moyens); SF (sables fins); STF (sables très fins)

Les débits solides mobilisés subissent un triage granulométrique. Le matériel fin est emporté vers le large ou déposé dans les secteurs aux conditions hydrodynamiques calmes, le matériel grossier s'accumule à proximité de la côte. Ainsi, le transport des matériaux libérés par érosion se fait par suspension et par traction. La prédominance du sable moyen dénote un transport par saltation qui est plus déterminant dans l'usure des sédiments marins car les grosses particules de quartz sont utilisées comme abrasifs.

Le transport par suspension concerne les petites particules (sables fins, limons fins et argiles). La suspension d'une particule plus lourde que l'eau dans un courant est la conséquence du gradient de vitesse: la vitesse instantanée de l'eau augmente du fond vers la surface. Plus ce gradient est fort, plus la particule est soulevée jusqu'à atteindre un équilibre entre son poids et la force de soulèvement. Cependant, toute variation de la vitesse entraîne une modification de cet équilibre et donc de la position de la particule: c'est la sédimentation. Ce phénomène est aussi explicatif du colmatage de l'ancienne embouchure, qui se trouve à 18 km de ce site.

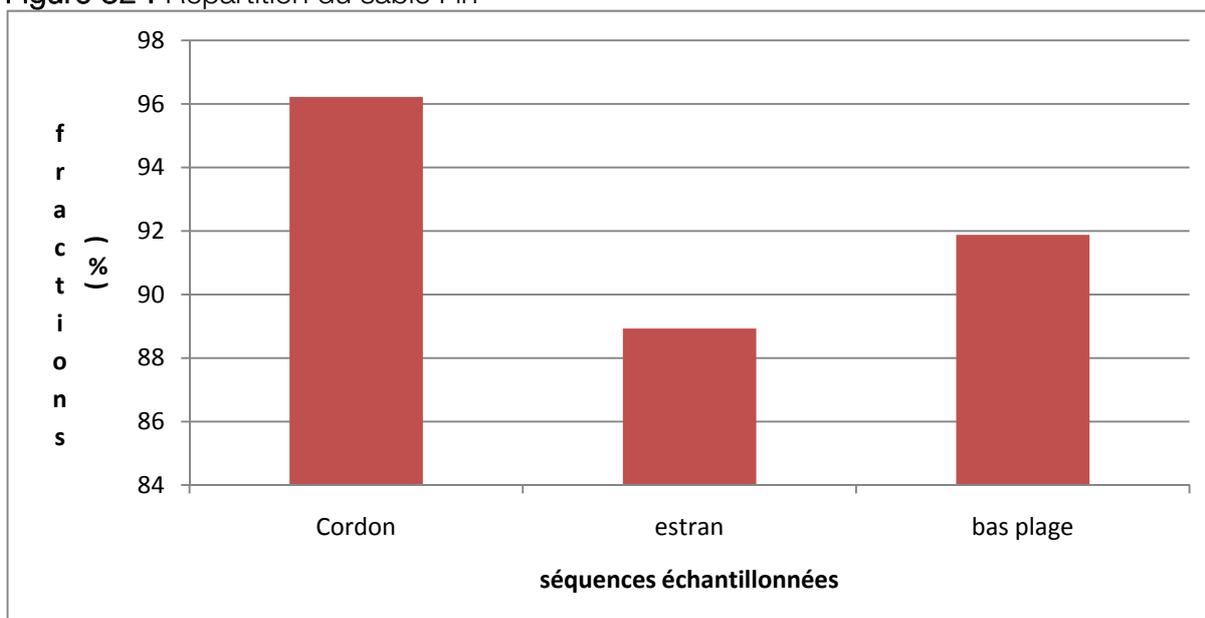
La répartition des échantillons en fonction des différentes séquences de la plage traduit une hétérogénéité granulométrique (figure 31).

Figure 31 : Répartition du Sable Grossier



La figure 24 montre un enrichissement progressif de l'estran en sable grossier. Ce sable issu des fonds marins témoigne des échanges sédimentaires entre la basse plage et l'estran. Cependant, on note une faiblesse relative du cordon en sable grossier. Cela témoigne de la faiblesse des échanges entre l'estran et le cordon. Donc, la dynamique éolienne à une faible emprise sur la falaise de Gadga Lahrar. Ce sont les vagues qui sapent sa base et emportent les sédiments fins du cordon pour enrichir l'estran (figure 32).

Figure 32 : Répartition du sable Fin



La figure 32 montre une prédominance du cordon en sable moyen. L'estran et la basse plage s'enrichissent progressivement du sable issu du cordon. Cela confirme l'idée selon laquelle les vagues arrachent les particules du cordon pour le déposer vers le large.

Ce phénomène confirme la dynamique de sédimentation de l'ancienne embouchure située à 18 km de Gadga Lahrar; les profils de plage confirmeront le rythme du recul de la falaise de du cordon à Gadga Lahrar.

5.3 ANALYSE DE LA POPULATION GRANULOMETRIQUE DE LA BRECHE

Depuis son ouverture, la brèche s'est considérablement élargie. La vitesse de l'élargissement de la brèche s'explique par le caractère torrentiel du débit en transit et la texture poreuse de la roche en place. Des sédiments prélevés sur la plage recolmatée et sur la falaise Sud ont donné les populations granulométriques présentées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Composition granulométrique au niveau de la brèche (en %)

Ech.	STG 1 mm	SG 0,71 mm	SM 0,20 mm	SF 0,125 mm	STF 0,063 mm	L + A < 0,063 mm
NP 1	0	0	71	29	0,2	0
NP 2	6	0,4	79	20	0,5	0
NP 3	0	0	76	23	0,7	0
NP 4	0	0	78	21	0,9	0
SP 1	0	0	81	18	0,6	0
SP 2	0	0	46	53	1,7	0
SP 3	0	0	76	23	0,7	0
SP 4	0	0	78	21	0,8	0

Lire. STG = sable très gros; SG = sable gros; SM = sable moyen; SF = sable fin; STF = sable très fin et LA = limons et argiles

La lecture du tableau 18 indique que les sables très gros (STG), les limons et argiles (L+A) sont quasi nuls, les grains sont concentrés entre les mailles 0,20 - 0,125 mm: le mode de transport est de type saltation caractérisé par un fort taux d'abrasifs appliqué sur un faciès meuble. La saltation représente ici le mode de transport prédominant avec 50 % contre 8 % pour le mode de transport par roulement et une faible proportion réservée à la suspension.

5.4 SUIVI GRANULOMETRIQUE D'UN NDIOUKIS A GADGA LAHRAR

L'ensablement a principalement concerné un ndioukis à Gadga Lahrar. Le travail a consisté à faire des observations directes et des prélèvements de sable (figure 33). Le tableau 19 montre une prédominance du sable moyen, soit plus de 97 % du poids des échantillons traités.

Tableau 19 : Composition granulométrique du Ndioukis à Gadga Lahrar

	Code Ech.	STG	SG	SM	SF	STF	L+A
Gadga Lahrar (Ndioukis)	T3P1N1	0,17	0,57	97,22	1,31	0,02	X
	T3P1N2	0,07	0,25	97,51	1,60	0,02	X
	T3P2N1	0,05	0,39	97,29	1,86	0,08	X
	T3P2N2	0,04	0,11	98,07	0,72	0,03	X
	T3P3N1	0,09	0,38	98,03	1,12	0,05	X
	T3P3N2	0,26	0,10	98,23	0,88	0,01	X

La ndioukis est bordée par des dunes blanches. Les échanges de sédiments s'effectuent ainsi entre ces deux unités. De ce fait, il serait intéressant de faire une analyse granulométrique des échantillons des dunes blanches pour traduire la parenté génétique des unités en question. Pour la dune blanche, quelques 98 % des échantillons sont constitués de sable moyen (tableau 20).

Tableau 20 : Composition granulométrique d'une dune blanche à Gadga

	Code. Ech.	STG	SG	SM	SF	STF
Gadga (dunes blanches)	T2P1N1	0,02	0,11	96,20	3,22	0,08
	T2P1N2	0,07	0,26	97,89	1,36	0,03
	T2P1N3	0,06	0,19	98,27	1,06	0,023
	T2P2N1	0,047	0,14	98,49	1,009	0,018
	T2P2N2	0,03	0,11	98,19	1,35	0,02
	T2P2N3	0,01	0,06	98,13	1,21	0,02
	T2P3N1	0,05	0,14	98,02	1,50	0,02
	T2P3N2	0,07	0,05	97,90	1,50	0,02
	T2P3N3	0,05	0,08	97,83	1,61	0,02

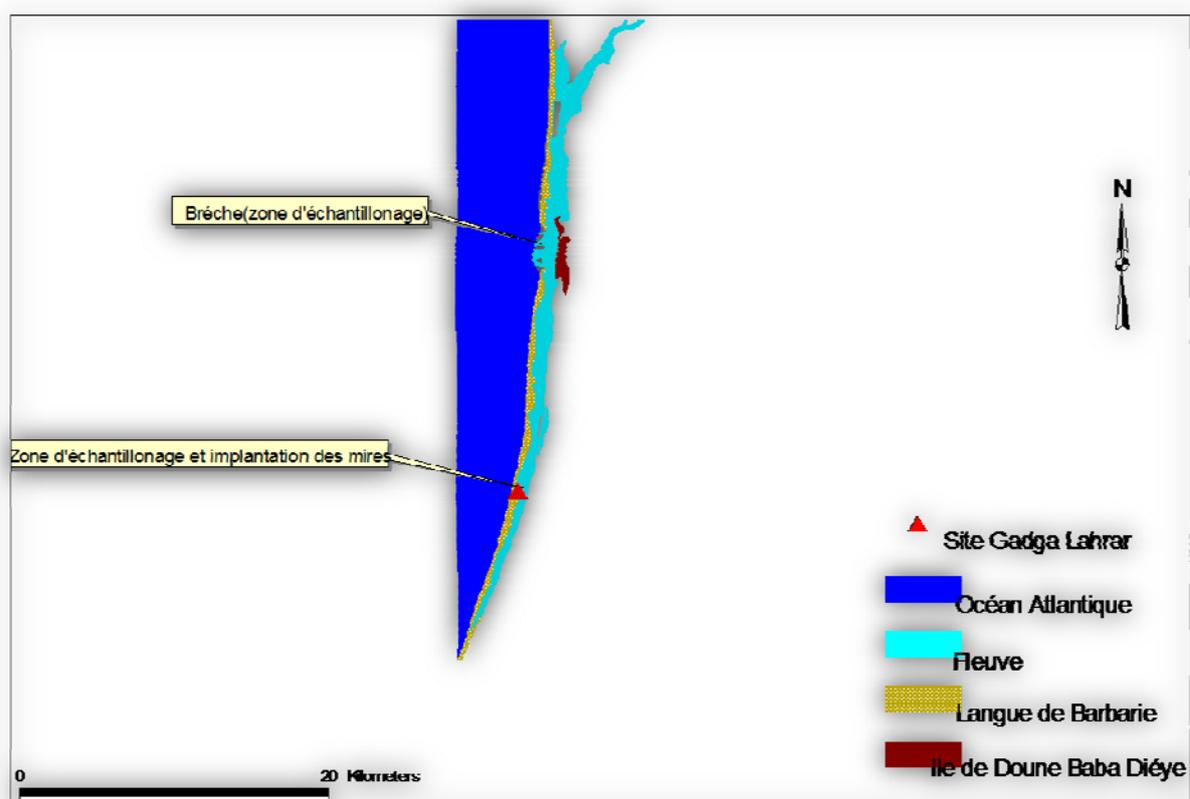
Retenons que les Ndioukis de la zone du Gandiolais sont plus menacées d'ensablement en raison de la dégradation des rideaux de brise-vents implantés sur le revers de la dune blanche (*Casuarina equisetifolia* = filaos).

Les profils d'échantillons de Ndioukis de Gadga-Moumbaye sont redressés à partir de la maille 0,63. En moyenne, la fraction roulée pour P1, P2 et P3 est de 5 % contre 97 % au mode de transport par saltation: l'acquisition en texture grossière est certaine d'autant plus que les échantillons sont prélevés à - 40 cm dans le sol pour éviter le volume racinaire, qui

est régulièrement amendé par les maraîchers. Les échanges sédimentaires entre les bas-fonds et le cordon vif sont très actifs. Ici, les maraîchers n'arrivent à maintenir des rendements intéressants qu'en épandant des engrais organiques dans leurs parcelles.

Le pH varie de 7,9 à 8,4 (tendance alcaline des sols) mais les matières organiques sont plutôt faibles, soit 0,34 % en moyenne; les limons et les argiles occupent 0,60 %. En plus des dépressions de type Niayes, le système des dunes jaunes et celui des dunes blanches constituent des unités géomorphologiques caractéristiques du littoral Nord.

Figure 33 : Sites d'interprétation des stations d'observation et de suivi



(source Leidi)

5.5 ANALYSE DES DONNEES D'ENQUETES ET D'ENTRETIEN

Les résultats des enquêtes ont considérablement contribué à la connaissance des impacts du phénomène de recul des plages sur les établissements humains, l'agriculture, le tourisme et les aires protégées (Parc National de la Langue de Barbarie).

1. Impacts de l'érosion côtière sur les établissements humains

Les établissements humains menacés par l'érosion côtière sont localisés sur les quartiers de Goxxu mbacc, Guet Ndar et sur l'île de Doun Baba DIEYE. Le phénomène peut se manifester par l'effondrement total ou partiel des maisons (photo 3).



Photo 3 : Effondrement des maisons à Guet Ndar suite aux agressions des vagues
(cliché Leïdi, le 28 mars 2010)

La très forte pression démographique et le rétrécissement progressif de l'espace posent la question du devenir des habitants de la Langue de Barbarie. Avec une population estimée actuellement à 50 000 habitants, la Langue de Barbarie est parmi les zones les plus peuplées de la ville de Saint Louis. En effet, elle représente à elle seule 57,3 % de la population de la commune avec seulement trois quartiers: Guet-Ndar, Ndar-Toute et Goxxu Mbacc.

Les enquêtes menées à l'île Doun Baba Dièye révèle que sa superficie avant l'ouverture de la brèche était estimée à 232,5 ha; actuellement, cette superficie est de l'ordre de 70 ha, soit une perte relative de 70 % entre le 4 octobre 2003 et le 26 juillet 2009 (SY, 2010).

Le village de Doun Baba DIEYE compte 33 concessions de type traditionnel avec plusieurs ménages dans une concession (BA, 2008). Les statistiques officielles du Conseil Rural (2002) évaluent la population au village quelques 600 habitants. Actuellement, ce chiffre est estimé à 760 habitants. Depuis l'ouverture de la brèche, seule une concession a quitté l'île, les autres restent soudées autour du chef de village en perspective d'un relogement convenable.

Des solutions ont été tentées pour satisfaire la demande de relogement formulée par les habitants de Doun Baba DIEYE à travers le décret 2000-255 du 28 mars 2000, portant déclassement des forêts de Richard Toll et de Leybar dans la région de Saint Louis. La partie classée de la forêt de Leybar, d'une superficie de 25 ha, fut déclassée et répartie

comme suit: 12 ha pour le reclassement des villages de Doun Baba DIEYE et de Diele Mbame dans la communauté rurale de Gandon et 16,13 ha à l'installation du complexe touristique de Aurélia Sun. Au total, les 12 ha proposés au village peuvent fournir 400 parcelles de 300 m². Or, la demande de Doun Baba DIEYE est de 480 parcelles. De plus, les enquêtes font état de 80 parcelles accordées à Doun Baba DIEYE. Ceci est déjà source de conflit entre frères autour du partage des parcelles d'habitation et serait le facteur de blocage pour faire déménager les familles. En outre, il n'y a pas de «garantie financière pour la construction, aucun appui, aucune banque ne veut nous aider» rappelle un habitant. Dans ce contexte, selon la Direction du cadastre de Saint Louis, certains propriétaires sont en train de vendre leurs parcelles. Néanmoins, la nouvelle communauté rurale de Ndiébène Gandiol, dont relèvent Doun Baba DIEYE et Diele Mbame, a été saisie du problème. Ses services techniques ont déjà identifié un site de relogement aux environs du village de Mbambara, dans le cadre du lotissement de Bountou Ndour. Le site doit être approuvé par la nouvelle communauté rurale.

2. Impacts sur les activités économiques du gandiolois

a. Impacts sur les espaces maraichers et les zones de pêche de l'île Baba DIEYE

Avant l'ouverture de la brèche sur la Langue de Barbarie en octobre 2003, les activités dominantes des populations de l'île tournaient autour de l'agriculture pluviale, la culture de décrue, le maraîchage et la pêche.

L'activité agricole occupait des centaines de producteurs et de saisonniers. Certains grands exploitants pouvaient récolter de 14 à 20 t/an de légumes fraîches (oignons, tomates, melons, etc.). La récolte individuelle des femmes tournait autour d'1 t/an de légumes fraîches. Le maraîchage générait environ 60 millions de Franc CFA/an, polarisant quelques 15 villages et des migrants des pays limitrophes notamment le Mali et la Mauritanie où les ressortissants étaient très impliqués dans le système de production maraîchère. Quelques 5000 personnes manipulaient plusieurs dizaines de tonnes de produits frais par jour.

La nappe lenticulaire subaffleurante d'eau douce dont la remontée maximale est consécutive à la crue d'hivernage permettait d'économiser la pratique de l'arrosage. Les champs se situaient pour l'essentiel au sud du Campement de la Poste jusqu'à la hauteur de Mouit, limite Sud du Parc National de la Langue de Barbarie (PNLB). Les habitants des îles, des villages de Mouit, de Keur Bernard, de Pilote, de Tassinère, etc. y pratiquaient la culture de décrue avec les spéculations suivantes: choux, tomates, patate douce, carottes, aubergines, melons, etc. Les revenus financiers étaient jugés satisfaisants par les paysans (DIATTA, 2004; MBOUP, 2008).

L'importance des rendements reposait sur une certaine intelligence du fonctionnement du milieu selon les moments de l'année et l'utilisation subtile des fertilisants. Les engrais organiques étaient composés de rejets de poissons récupérés au village des pêcheurs de Guet Ndar, qui garantissaient un produit frais à 100 % biologique. Avec la chute des mises à terre, les maraîchers avaient opté pour l'Urée et la variété 1846 (engrais chimique moins puissant). Une faible quantité de 4 à 5 grammes était placée à mi-distance des plantes et le produit se diffuse lentement avant de disparaître au bout de 28 jours. La récolte suivait à partir du 60e jour, permettant d'obtenir des produits sains issus d'une agriculture presque

biologique. Cette étape du système de production agricole assurait la réputation des produits maraîchers de Doun Baba DIEYE. La dynamique consécutive à l'ouverture de la brèche a eu raison de ce calendrier, qui avait un peu perdu de son rayonnement à cause de l'ouverture d'autres pôles maraîchers le long de l'axe Gadga Mboumbaye-Lompoul-Potou et dans les domaines alluvial et deltaïque du fleuve Sénégal.

Actuellement, ce système de production se réduit à une maigre agriculture pluviale de subsistance ou à quelques parcelles maraîchères dans l'île de Safal.

La pêche fluviale a presque disparu dans le Gandiolais (JACOUTOT, 2006). Pourtant, le secteur de Doun Baba DIEYE constituait une aire fluvio-marine naturellement protégée: la flèche littorale de la Langue de Barbarie formait écran face à l'océan atlantique à l'ouest. L'ancienne embouchure, qui se situait à 12 km au sud permettait une bonne alternance eau douce-eau salée dans un écosystème de type mangrove, fonctionnant comme zone de frayère (repos biologique).

Doun Baba DIEYE a perdu cette richesse halieutique; Les nombreuses espèces de poissons qui y étaient pêchées ont migré vers les mangroves de la Gambie et de la Guinée Bissau (SY, 2010). Des espèces à haute valeur commerciale comme le capitaine, les mullets, les sardinelles, l'ethmalose, le tilapia et les mangoustes, qui étaient pêchées durant la saison des pluies, ont disparu avec la modification du pH de l'eau, le changement du fonctionnement hydrologique de la lagune de Moumbaye et autour des îlots (MBOUP, 2008) et la dégradation de la végétation aquatique.

b. Impacts sur le secteur touristique

La valeur économique de la Langue de Barbarie est fortement renforcée par les infrastructures touristiques (figure 34, tableau 21).

Figure 34 : L'emprise du tourisme sur la Langue de Barbarie

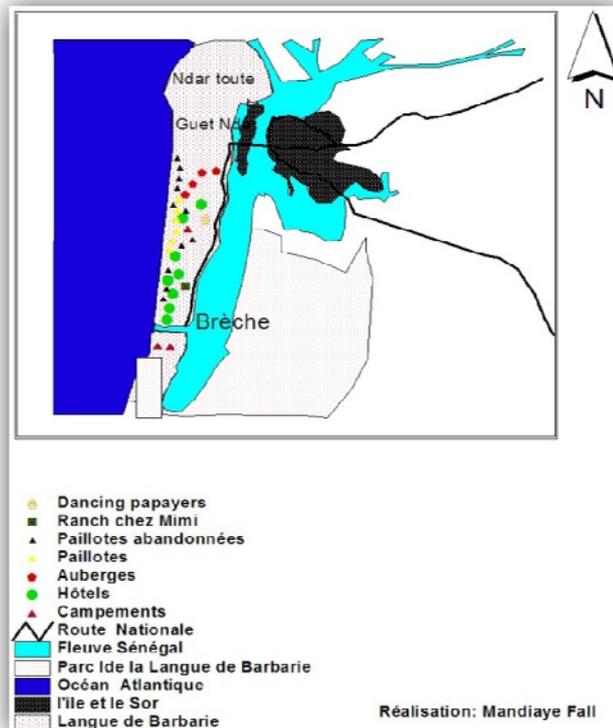


Tableau 21 : Les réceptifs de la Langue de Barbarie

Etablissement	Nom	Nbre chambres	Nbre de lits	Type
Hôtel	La St-Louisienne	24	50	****
Hôtel	Valentine paradise	13	26	**
Hôtel	Diamarek	32	64	***
Hôtel	Cap St-Louis	35	70	***
Hôtel	Oasis	14	42	*
Hôtel	Mermoz	42	142	**
Hôtel	Dior	15	24	*
Auberge	Le pélican	10	20	
Auberge	Chez kirikou	07	13	
Auberge	Arc-en-ciel (ex Diwan)	6	12	
Auberge	Téranga	14	33	
Campement	La Langue de Barbarie	23	50	
Campement	Océan & savane	12	22	
Campement	Keur coumba	10	20	
Paillote	Tahiti plage	10	20	
Paillote	Camping filaos	3	6	
Paillote	Camping lamp fall	2	4	
Paillote	Téral gane	2	4	
Paillote	Firdawsi	3	6	
Paillote	Aldiana	2	4	

Source: données de terrain FALL, 2009

L'espace est fragile mais très convoité par les opérateurs privés du tourisme Saint Louisien. La Saint Louisienne qui est le réceptif le plus proche de la brèche (quelques mètres), est menacé par l'élargissement de cette dernière. De même, les deux campements qui se trouvent au sud de la brèche se trouvent dans une position délicate. En effet, il faut désormais une pirogue pour s'y rendre et le déplacement de la brèche vers le sud constitue une menace sérieuse. Les gérants de ces différentes infrastructures affirment que leur clientèle a diminué depuis l'ouverture de la brèche.

c. Impacts sur le Parc National de la Langue de Barbarie (PNLB)

L'aire protégée couvre 2 000 ha. Les responsables du parc mesurent les conséquences de l'érosion en termes de destruction de la biodiversité. Dans la partie sud du parc, JACOUTOT (2006) a constaté que l'îlot aux oiseaux est inondé, voire totalement submergé, de manière quasi quotidienne lors des marées les plus importantes. L'îlot aux oiseaux qui s'étendait sur 2 ha ne couvre aujourd'hui plus que 0,5 ha. La marée emporte avec elle beaucoup d'œufs: en 2005, plus de 4 000 œufs ont été ainsi perdus, en octobre 2009, l'eau a détruit plus de 3 000 œufs. Certaines espèces telles que les sternes (la sterne caspienne et la sterne royale) formaient 3 000 couples, aujourd'hui on trouve moins de 1 000 caspiennes dans l'îlot.

Selon le lieutenant NDOYE (2004), près de 4 000 couples de mouettes à tête grise, 3 000 couples de Goélands railleurs et 2 000 couples de sterne royale nichent régulièrement à l'îlot aux oiseaux. Cette dernière se reproduisait sur le tapis herbacé aujourd'hui ravagé par l'ampleur des marées. L'érosion se manifeste également sur les parties dénudées où pondent les caspiennes.

VI. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS

A partir des profils de plage

Sites d'étude	Évolution Erosion/accumulation		Typologie des plages	Causes probables	Conséquences spatiales	Conséquences socio économiques
Goxu mbathe		accumulation	Macrotidale (fort marnage, développement des estrans)	Facteurs naturels tels que le vent, aridité de la zone	Libre circulation de sédiments sur les différentes séquences de la plage. Sédimentation	Faible développement d'activités lucratives sur cette zone (agriculture) Prolifération d'établissements humains Stationnement des pirogues de pêche, tendance à l'ensablement des infrastructures
Hydrobase		accumulation	Macrotidale (fort marnage, développement des estrans)	Facteurs anémométriques, courte saison des pluies qui ne permettent pas de garder l'humidité assez longtemps	Libre circulation de sédiments sur les différentes séquences de la plage. Sédimentation	Prolifération du bâti Développement des infrastructures hôtelières, tendance à l'ensablement des infrastructures
Doun Baba DIEYE		Erosion	Mésotidale (faible développement de l'estran)	Facteurs anthropique (ouverture d'une brèche en face de l'île, subit de plein fouet le déferlement des vagues	Pertes considérable de plage, réduction de la superficie de l'île, lambeaux dunaire	Pertes de terres cultivables, détérioration de la qualité de l'eau, départs des populations (relogement et migration), pauvreté, chômage
Gadga Lahrar	érosion	Site 1: 0,21 à 1,14 cm/an Site 2: 0,17 à 1,29 cm/an	Mésotidale (faible marnage, faible développement des estrans)	Morphologie de la zone, présence de la lagune, nature des marées, sapement des vagues	Falaise recul de manière insidieuse, formation des microfalaises qui sont des formes temporaires dues à la dynamique marine	Déracinement des arbres bordant le fleuve, progression vers le village, risque d'engloutissement des Ndioukis adjacents à la falaise
Niyam (Potou)		accumulation	Macrotidale (fort marnage, développement des estrans)	Données anémométriques, position de l'ancienne embouchure	Sédimentation, ensablement des espaces de cultures (Ndioukis)	l'ancienne embouchure colmate, disparition progressive des espaces de culture

A partir du suivi de l'évolution du trait de côte sur les sites de la Langue de Barbarie face Saint-Louis, du Canal de délestage, de l'île Babadiéye et de l'ancienne embouchure.

Sites d'étude	Segments de plage	Tendance évolutive	Vitesse moyenne (m/an)	Causes probables	Conséquences socio-économiques
LB face Saint Louis	Guet Ndar	Alternance érosion accumulation suivant les années et déplacement de la zone d'érosion maximale	-2 à +2 m/an	Facteurs naturels : houles, vagues, et anthropiques : occupation anarchique des sols	Disparition des maisons installées sur le cordons, et des certains hôtels et maisons de commerce
	Ndar Tout		-3 à +6 m/an		
	Goxxu Mbacc		-9 à 16 m/an		
Canal de délestage	Nord	Erosion généralisée	-8 à -28 m/an	Facteurs anthropiques : canal de délestage surtout Et naturels : les houles extrêmes	Elargissement de la largeur du canal, accidents mortels des pêcheurs, menace de l'île en face du canal et intrusion saline, fonctionnement inverse de l'estuaire
	Sud		-13 à -33 m/an		
Ile Babadiéye	Nord	accumulation	+5 à +26 m/an	Facteurs anthropiques : canal de délestage surtout Et naturels : les houles extrême	Disparition sous peu de l'île Menace de la PNLB et du réserve de Gueumbeul, Prolifération des plantes aquatiques, diminution de la production maraîchère sous l'intrusion saline
	Centre	érosion	-24 à -61 m/an		
	Sud	accumulation	+8 à 23 m /an		
Ancienne embouchure	Nord	Accumulation généralisée	+4 à 7 m/an	Facteurs anthropiques : canal de délestage surtout Et naturels : les houles extrême	Fermeture définitive du chenal d'embouchure, réduction des fonds de l'estuaire
	Sud		1 à 6 m/an		

VII. PERSPECTIVES

Dans ce contexte de dégradation du littoral gandiolais soumis aux facteurs naturels (climat, hydrodynamisme) et anthropiques (canal de délestage, occupation incontrôlée de l'espace), nous préconisons de mettre en place un Programme de Rémédiation à l'Erosion du Littoral Gandiolais (PRELGG).

Contexte de mise en œuvre

Le programme de Remédiation à l'Erosion du Cordon Littoral Gandiolais (PRELGG) s'inscrit dans le cadre du Programme Régional de Lutte contre l'Erosion Côtière (PRELEC). Il s'appuiera sur les résultats de cette présente étude de cas réalisée conjointement par le Centre de Suivi Ecologique (CSE) et le Laboratoire Leidi de l'Université Gaston Berger de Saint Louis du Sénégal (Leidi/UGB) portant sur le thème « Etude de la dynamique du cordon littoral Gandiolais sur l'axe Saint Louis-Niayam ».

Les enjeux de la protection du cordon littoral Gandiolais

La dynamique observée sur l'axe Saint-Louis-Niayam laisse apparaître un net recul du cordon sur les secteurs de l'île Doun Baba DIEYE (face à la brèche) et Gadga Lahrar (sur les berges de la Lagune de Mboumbaye). Sur ces segments du littoral gandiolais, l'érosion se manifeste par des pertes de plages occasionnant des dommages considérables sur les ressources et les hommes. Dans les zones de Goxxu Mbathie, hydrobase, Niayam, les plages sont plates et monotones. Elles constituent des espaces privilégiés pour les habitats humains, le prélèvement de sable marin, les installations touristiques influant négativement sur leur évolution. Leur faible topographie est un facteur révélateur des phénomènes de submersions répétées. Néanmoins, à l'état actuel, la tendance à la disparition des cordons dunaires littoraux du Gandiolais n'est pas irréversible. Seulement, en dehors du mur de protection de Guet Ndar qui s'est écroulée et les plants de filaos déracinés par la houle, il n'existe aucun dispositif de protection du cordon littoral gandiolais.

Mise en œuvre du PRELGG

Le Projet de Remédiation à l'Erosion du Cordon Littoral Gandiolais est une forme de valorisation des résultats qui découle de l'étude conjointe CSE_Leidi. Il s'articule autour des perspectives dégagées pour la gestion de la dynamique du littoral gandiolais. Les actions à mener tournent autour de la mise en place d'un plan de surveillance de la dynamique et des actions de réhabilitation et de sensibilisation. Par ailleurs, les acteurs et collectivités côtières ont un rôle à jouer dans la gestion de cette dynamique.

Volet 1 : Etude de la Dynamique et Renforcement de l'Expertise en Gestion des Ressources Littorales du Gandiolais »

Il s'agit de mettre en place un "observatoire" de l'érosion du littoral gandiolois. Des mesures régulières permettront de comparer le site du gandiolois avec d'autres afin de participer à l'élaboration des bilans sédimentaires globaux sur la côte ouest africaine. La plupart des activités qui sont menées dans ce domaine sont faites à des fins de recherches (productions de mémoires, articles et thèses, etc.). Les résultats des travaux doivent s'inscrire dans le cadre d'une « Recherche action » qui vise à :

- favoriser la mise en place des stations d'observations par transect de mires en privilégiant des sites névralgiques tels que Goxxu Mbacc, Guet-Ndar, île Baba DIEYE, Parc National de la Langue de Barbarie, etc. Ces relevés seront réalisés annuellement pour anticiper sur tous les risques dommageables ;

- favoriser un suivi régulier du trait de côte par approche cartographique en faisant appel à de multiples informations spatialisées (SIG et Télédétection). La gestion des données d'un SIG permet d'optimiser la teneur de chaque information, de suivre périodiquement l'évolution du trait de côte pour sensibiliser l'opinion et les décideurs à temps réel;

- effectuer des levées bathymétriques le long du canal de délestage et du chenal d'embouchure pour évaluer les fonds et éventuellement pour éviter les accidents mortels auxquels sont confrontés les pêcheurs de Guet Ndar;

- localiser les bancs de sable autour du chenal et des vases dans l'estuaire du fleuve ; pour cela, il est plus pratique de faire recours à des images radar multi polarisation et polarimétriques;

- installer une brigade côtière afin de lutter contre les prélèvements de sable de plages et de prévenir les installations anarchiques qui ont tendance à entraîner ou à aggraver les phénomènes d'érosion côtière;

- contrôler l'occupation du sol sur le cordon sableux et délocaliser certains habitants de Guet Ndar vers des zones non inondables, car sur cette partie de la flèche littorale, la plage est maintenant presque inexistante et l'eau a tendance à occuper directement les maisons;

- augmenter le nombre de profils de plage, notamment en renforçant les zones Guet Ndar, Ndar Toute, Goxxu Mbacc, Canal de délestage, île Babadiéye, ancienne embouchure, afin de mieux étudier la relation entre les caractéristiques des sédiments et l'évolution du rivage.

Volet 2 : Etude Technique et Stabilisation de l'Erosion du Cordon Littoral Gandiolais

Ce volet technique se propose de :

- favoriser une fixation biologique (plantation d'arbres) dans les zones caractérisées par une dynamique accumulative (Niayam, hydrobase) pour minimiser les effets de la déflation éolienne et d'ensevelissement des cuvettes agricoles. (Zone de Gadga Lahrar et Niayam ou le maraîchage est très présent);

- favoriser, sous réserve d'une évaluation environnementale, la fixation mécanique (mur de protection en béton) sur les sites à établissements humains tels que Guet Ndar, Goxxu Mbacc, etc. Cependant, il faut prévoir un enrochement à l'amont du mur et un rideau d'arbre en aval (Sur l'axe cimetièrre de Goxxu Mbacc-cimetièrre de Guet Ndar);

- réhabiliter le reboisement de filaos à Gadga Lahrar pour minimiser les départs de sable sur le revers de la falaise et poser des blocs de pierre pour briser l'énergie des vagues qui sapent la base du cordon;

- restaurer l'ilot aux oiseaux par un apport de sable suivi d'une végétalisation et d'un enrochement pour briser l'énergie des vagues et minimiser les effets de sapements (sur le Parc National de la Langue de Barbarie);

- reconstituer l'île Doun Baba DIEYE (apport de sable, enrochement, reboisement sur le revers). Cette bande de terre pourra constituer un nouveau site écologique (refuges d'oiseaux, etc.) car les habitants de cette île seront relogés sur un autre site;

- mettre en place une politique de généralisation des canaux d'irrigation pour drainer les eaux de ruissellement qui inondent Saint Louis vers les zones sablonneuses au profit des cultures maraîchères.

Volet 3 : Adaptation à la Dynamique du Cordon Littoral Gandiolais

Il s'agit, entre autres, d'initier des politiques de relogement des sinistrés (Guet Ndar, Goxxu Mbacc, Doun Baba DIEYE), de diversifier les activités pour les cibles vulnérables tels que les anciens maraîchers sans activités, les anciens pêcheurs, les victimes des effets de l'ouverture de la brèche.

Volet 4 : Prévention des risques, éducation environnementale

Il comporte une importante dimension sociale:

- Sensibilisation sur les risques liés aux prélèvements abusifs de sable (cibler les charretiers);
- Sensibilisation sur les risques liés aux occupations irrégulières de la plage;
- Préconiser des Etudes d'Impact Environnemental avant toutes actions d'aménagement;
- Eriger le littoral gandiolais en Zone de Protection Spéciale (la loi littorale).

Volet 5 : Opération biodiversité retrouvée/ Suivi Evaluation du PRECLG

Il s'agit de mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle des activités retenues par volet, de faire une évaluation environnementale et sociale du PRECLG.

Recommandations pratiques pour la Mise en œuvre du PRECLG

Pour le volet1 (Etude de la Dynamique et Renforcement de l'Expertise en Gestion des Ressources Littorales du Gandiolais), nous préconisons de mettre à profit les expériences du Centre de Suivi Ecologique et du Laboratoire Leidi pour capitaliser les acquis du projet portant sur les études de Cas. Aux compétences de ces institutions, il faudra ajouter celles des services de l'hydraulique.

Pour le volet 2 (Etude Technique et Stabilisation de l'Erosion du Cordon Littoral Gandiolais), nous préconisons l'implication d'une structure agréée en Aménagement et Travaux Publics (offre technique, financière et mise en œuvre) surtout pour la stabilisation mécanique. Il faut également impliquer les services techniques de l'Etat (service des Eaux et forêts, service de l'environnement) surtout pour la stabilisation biologique. Les Associations et Assemblées villageoises doivent s'activer dans la mise en œuvre du volet 2 pour pérenniser les actions de stabilisation.

Pour le Volet 3 (Adaptation à la Dynamique du Cordon Littoral Gandiolais), nous préconisons une implication des personnes qui s'activent dans les activités touchées par la dynamique côtière. Ces personnes doivent se regrouper en Associations ou GIE. Il faut s'attacher des services des Collectivités Locales et des services techniques compétents pour atteindre les cibles vulnérables.

Pour le Volet 4 (Prévention des risques, éducation environnementale), nous préconisons l'implication des médias locaux (presse écrite, presse orale), des structures de recherches pour des publications (articles, dossier, exposés, conférences), impliquer les associations dans les quartiers et les villages. Le succès de ce volet 4 dépend fortement de la mise en œuvre du volet 1.

pour le volet 5 (Opération biodiversité retrouvée/ Suivi Evaluation du PRECLG), nous préconisons l'implication des structures agréées dans la gestion de l'environnement, ayant une expérience en gestion et évaluation des projets.

LES OBJECTIFS DU PRECLG

Le Projet de Remédiation à l'Erosion du Cordon Littoral Gandiolais cherche sur une échelle globale à intégrer les résultats de l'étude des phénomènes d'érosion et/ou d'accumulation dans l'élaboration d'un schéma directeur du littoral de l'Afrique de l'Ouest. A l'échelle locale, le PRECLG vise à :

- valoriser les résultats de l'étude de la dynamique du cordon littoral Gandiolais;
- créer les conditions d'un retour à un épisode plus stable (biostasie);
- atténuer les effets de la dynamique de l'érosion sur la société, l'économie et l'environnement.

Domaine d'intervention du PRECLG

SOCIETE/ ECONOMIE/ENVIRONNEMENT

Les porteurs du Projet

Structures sous régionales/ Les autorités politiques/ Les structures spécialisées/ les institutions internationales/ les collectivités locales

Les cibles du PRECLG

Les populations de Guet Ndar, Ndar Tout, Goxxu Mbacc, Doun Baba DIEYE, le Parc National de la Langue de Barbarie et environs, les maraîchers du Gandiolais, les pêcheurs, les prestataires privés.

Les résultats attendus du PRECLG

Sur la base des objectifs fixés par le PRECLG, les résultats attendus sont :

90% des recommandations issus du suivi de la dynamique sont appliquées;

70% des cibles sont atteints;

80% des travaux de stabilisation ont eu des impacts positifs (Economie, environnement, société).

Durée du PRECLG

Après une étude de faisabilité et de validation, la mise en œuvre en 5 ans repartis comme suit peut être préconisée :

- 1 an pour le montage du dossier (planification, mise en place, équipement, recrutement, etc.)
- ans pour l'exécution du programme (interventions, exécution des volets) ;
- 1 an pour mettre en place le dispositif de pérennisation des interventions (stratégie de sortie du PRECLG);
- 1 an pour suivi/ évaluation/ Examen de l'atteinte des indicateurs d'impacts.

Evaluation des coûts relatifs à la mise en œuvre du PRECLG

Chaque volet aura une incidence financière décrite dans le tableau ci-après

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

No	Composante	Activités	Nature dépense	Coût en (FCFA)	Durée	
R1	Suivi Dynamique côtière et travaux de gestion (Observatoire du Littoral Gandiolais)	Fonctionnement observatoire	Suivi et exécution des tâches	80 000 000	5 ans	
	Total composante 1			80 000 000		
R2	Gestion dynamiques côtières	Stabilisations mécaniques	Etudes et Exécution	120 000 000	4 ans	
		stabilisation	Stabilisation biologique	Etudes et Exécution	50 000 000	4 ans
	Total stabilisation			170 000 000		
		Adaptation	Lignes de crédits/ d'appui fond	Etude Fond de garantie/Banque	40 000 000	4 ans
	Total micro entreprise			40 000 000		
		Préventions	Sensibilisation/ reporting	Pub scientifique et audiovisuelle	10 000 000	4 ans
	Total préventions risques/ env.			10 000 000	4 ans	
	Total composante 2			220 000 000		
Total =R 1 + R2			300 000 000			

Lire R= Résultat
Soit

R1 : Suivi/ Evaluation	80 000 000 Fcfa
R2 : Gestion	220 000 000 Fcfa
Total (R1+R2)	300 000 000 Fcfa

Arrêté le présent projet de budget à la somme de trois cent millions francs CFA

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BA AL. O. (2008). Pour une prise en compte des préoccupations des populations périphériques des aires protégées dans une approche participative de la gestion des ressources: cas de la Réserve Spéciale de Faune de Gueumbeul. Mém de DEA. Univ. Gaston Berger (Sénégal), Section de Géogr. 76 p.

Ba, K. (2004) – Etude de l'évolution de la Langue de Barbarie et propositions de fixation de l'embouchure du fleuve Sénégal. Mémoire de DEA. 98p, 37 fig., 12 tab.

Bâ, K., Wade S., Niang I., Trebossen H., Rudant J.P. (2007) – Cartographie radar en zone côtière : applications à l'évaluation et au suivi environnemental de la Langue de Barbarie et de l'estuaire du fleuve Sénégal. Télédétection 2007, Vol. 7, N° 1-4 (www.teledetection.net).

BA, K., WADE, S., NIANG, I., TRÉBOSSSEN, H., RUDANT J.P., (2007). Cartographie Radar en zone côtière à l'aide d'images multidates Rso d'ERS-2: application au suivi de l'environnement de la Langue de Barbarie et de l'estuaire du fleuve Sénégal. Revue de la Télédétection, Vol. 07, pp. 129-141.

BA M., (1995). Paysages et Communautés rurales au Sénégal. Approche intégrée par cartographie assistée et télédétection satellitaire. Thèse de doctorat Université de France-Comté, URA 908 du CNRS, 467 p.

Barusseau, J. P., Michel P. , Richart J. F. , Sall, M. M. (1992) - L'après barrage dans la vallée du fleuve Sénégal. Modifications hydrodynamiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu et les aménagements hydro agricoles, Perpignan. 152 p., 48 fig., 28 tab. , annexes.

CAMARA N.L.M. (2003). Dégradation et Evolution de l'écosystème côtier de la langue de barbarie (grande cote sénégalaise). Mémoire de maîtrise. Université Gaston Berger de Saint-Louis, UFR des Lettres et Sciences Humaines, section de géographie, 105p.

Diaw, A. T. (1997) - Evolution des milieux littoraux du Sénégal. Géomorphologie et Télédétection. Thèse d'Etat-ès Lettres, Univ. Paris I, Panthéon-Sorbonne. 270 p., 98 fig., 48 tab.

DIANE A. (2009). Approche diachronique de la morphodynamique éolienne et marine du littoral Nord sénégalais, secteur de Potou. Mémoire de Master 1, UGB. LSH. Geo, 50 p.

DIATTA I. (2004). Louverture d'une brèche à travers la Langue de Barbarie (Saint Louis du Sénégal). Les autorités publiques et les conséquences de la rupture. Mém maitr. Univ. Gaston Berger (Sénégal), Section de Géogr. 116 p.

GUILCHER A., (1954). Rapport sur une mission d'étude de la langue de Barbarie et l'embouchure du Sénégal, M.A.S., 56 p. + cartes hors texte.

JACOUTOT A. (2006). Modifications environnementales et conséquences dans le bas delta du fleuve Sénégal, cas du Gandiolais et du parc national de Diawling. Mémoire de maîtrise. UGB. UFR LSH. Section géographie, 174 p.

Kane, A. (1985) - Le bassin du Sénégal à l'embouchure. Flux continentaux dissous et particulaires. Invasion marine dans la vallée du fleuve. Contribution à l'hydrologie fluviale et à la dynamique estuarienne en milieu sahélien. Thèse doctorat 3e cycle, Univ. Nancy II, 230 p., 75 fig., 52 tab.

Kane, A. (1985) - Le bassin du Sénégal à l'embouchure. Flux continentaux dissous et particulaires. Contribution à l'hydrologie fluviale et à la dynamique estuarienne en milieu sahélien. Thèse doctorat 3e cycle, Univ. Nancy II, 230 p., 75 fig., 52 tab.

LOUISE P. (1918). Considérations sur le littoral des environs de Saint Louis du Sénégal. Bulletin du Comité d'Etude Historiques et Scientifiques de l'Afrique Occidentale Française. Paris: Larose, pp.01-16. Cote P 127.

MAINGUET M., (1985). Conséquences géomorphologiques de l'action du vent dans les régions de dunes en zones arides et semi-arides. WCP N° 97, 118 p.

MAINGUET M. (1995). L'homme et la sécheresse. Paris: Masson, 310 p.

MBOUP A. (2008). Revue des effets d'impacts potentiels et avérés de la «brèche» dans la zone du Gandiolais: préalable à une mise en œuvre d'un système expert. UGB de Saint Louis, URF de Lettres et sciences Humaines, Section Géographie, Mémoire de Master, 56 p.

MICHEL P. (1973). Les bassins des fleuves Sénégal et de la Gambie: Etude géomorphologique, Th. d'Etat, mém-I.R.D. (ex O.R.S.T.O.M) N° 63, Tome I, II et III; 752 p.

MIETTON, M., DUMAS, D., HAMERLYNCK, O., KANE, A., COLY, A., DUVAİL, S., BABA, M.L.O., DADDAH, M. (2006)- Le delta du fleuve Sénégal: une gestion de l'eau dans l'incertitude chronique. 3 fig., 13p.

MONTEILLET J., (1986). Environnement sédimentaire et paléocéologie du Delta du fleuve Sénégal au Quaternaire (évolution d'un écosystème fluvio-marin tropical au cours des derniers 10 000 ans). Th. d'Etat, Univ. Perpignan, 266 p.

NDIAYE A. (1975). Le Gandiolais, l'estuaire du Sénégal, la Langue de Barbarie, étude géomorphologique. Université de Dakar, Fac LSH, Département de géographie, 88 p.

Nicolas, J. P. (1954) - Essai d'interprétation de l'évolution récente et contemporaine de l'embouchure du Sénégal. Saint-Louis IFAN/MAS, 12 p.

Niang Diop, I. (1995) - L'érosion côtière sur la petite côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé, Présent, futur, Thèse de Doctorat, Univ. d'Angers, 317 p, 112 fig., 47 tab.

SAADI E., (1991). Traité de sédimentologie (pétrographie, environnement sédimentaire). Edition Afric. Orient Casablanca, 339 p.

Sall, M. M. (1982) - Dynamique et Morphogenèse actuelle au Sénégal Occidental. Thèse de Doctorat d'Etat Univ Louis Pasteur Strasbourg, 604 p, 138 fig. 8 ph, 21 pl. h. t. 5 ann.

Sall, M. (2006) – Crue et élévation du niveau marin à Saint-Louis du Sénégal : impacts potentiels et mesures d'adaptation. Thèse de Doctorat, Université du Maine, 332 p., 107 fig., 59 tab., 11 photos.

Surveyer, Nenniger et Chenevert (1972) – Etude de la navigabilité et des ports du fleuve Sénégal. Etudes portuaires à Saint-Louis, Kayes et Ambidedi. En collaboration avec W. Ostenfeld et Jonson. Danish Institute of Applied Hydraulics. Projet ONU 51/71 Saint-Louis OMVS.

SY A.A. (2009). Les dunes littorales de la Grande Côte sénégalaise, dynamique actuelle et ses conséquences sur les espaces maraîchers. Mémoire de Master. UGB.UFR LSH. Section géographie, 193 p.

SY B. A., (1995). Dynamique éolienne actuelle dans le delta du fleuve Sénégal (contribution à l'étude géomorphologique du Sénégal septentrional). Thèse de doctorat de 3eme Cycle Université de Dakar, Dpt Géogr., 251 p.

SY B. A., (2008). Milieux, sécheresse climatique et érosion éolienne. Etude géomorphologique du Sahel sénégalais. Thèse d'Etat, Univ., Gaston Berger. 410 p. + annexes

SY B. A (2004). «L'ouverture de la brèche de la Langue de Barbarie et ses conséquences, Approche géomorphologique». Revue de Géogr. de Saint Louis (RGSL) N°4, pp. 50-60.

SY B. A. (2006). Dynamique littorale et activités maraîchères le long de la côte Nord du Sénégal, un exemple de menace sur les Niayes du secteur de Moumbye-Gadga dans le Gandiolais. (communication lors du 1er colloque francophone en Environnement et Santé sur Pollution, Dépollution, Risques Sanitaires et Environnementaux, Droits de l'Environnement, Ecosystèmes côtiers, Télédétection, gestion des Zones côtières et Urbaines, tenu du 21 au 28 mai 2006 à l'UCAD II Dakar Sénégal), 13 p.

SY (B. A.), 1990. Intensité des vents et formation de nebkas dans la région de Ross Béthio (Moyen delta du fleuve Sénégal). Mém. maîtr. Univ. Dkr, Dépt Géogr., 113 p.

SY B. A. (2010). L'histoire morphodynamique de Doun Baba Dièye du Sénégal. In Revue Perspectives & Sociétés, N°1, janvier 2010, ISSN 1840-6130, Revue Perspectives & Sociétés, N°1, décembre 2009, <http://www.carede.org>, 17 p.

Trébossen H. (2002) - Apports des images SAR à la cartographie marine, Thèse Université de Marne la Vallée, 2002.

TRICART J. (1961). Notice explicative de carte géomorphologique du delta du fleuve Sénégal, B.R.G.M, 235 p.

WADE C.T. (2003). Ecosystème et environnement. Gestion durable des usages littoraux au niveau de la grande Côte sénégalaise: Analyse de l'impact de l'évolution de la ressource en eau sur les potentialités horticoles de la région des Niayes. Mém. D.E.A FUL, 119 p.

METADONNEES

1/Métadonnées images

IDENTIFICATION	Titre	Etude de la dynamique du cordon littoral gandiolais sur l'axe Saint Louis-Niayam (Potou)
	Résumé	l'approche se focalise sur l'évolution du cordon, les ressources menacées et les mesures de protections
	Thème(s)	Evolution du trait de côte
	Mots-clés	Téledétection, Radar, ligne de rivage, Langue de Barbarie
	Langues	Francaise
	Auteur(s)	BA Kader
	Contact(s)	Laboratoire de Télédétection Appliquée, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop
	Type des données (jeu, collection)	SAR_IMP_IP
	Format des données	PRI
	Date de création	17-May-10
	Date de dernière modification	15-Jul-10
	Fréquence de mise à jour	
	Période de validité des données	2003 à 2010
	Status (progression)	2 à 3 ans
	Contraintes d'accès	exploitable seulement sur le logiciel NEST 3C
	Contraintes d'utilisation	images très bruitées (chatoiement)

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

ORGANISATION	Type de représentation spatiale	ERS-2 SAR
ET CONTENU	Type d'objet vectoriel	trait de côte ou ligne de rivage
	Présentation topologique (V/F)	
	Description générale du contenu	
	Description des attributs :	
	Nom_attribut1	ER02_SAR_SLC_1P
	Type_attribut1	SAR_SLC
	Contenu_attribut1	
LOCALISATION	Echelle du jeu de données	
	Extension géographique :	
	Nord	
	Sud	
	Est	
	Ouest	
	Système de coordonnées géographiques	*pseudo* Geographic Lat/Lon
	Système de coordonnées projetées	UTM WGS84 Zone 28N
	Ellipsoïde de référence	EGM96
QUALITE	Précision spatiale	0.000137 x 0.000133 Degrees (12,5 m en kilométrique)
	Précision temporelle	3 jours
	Précision sémantique	bande C
	Exhaustivité	100 km, WV, 23°
	Sources	ERS-2 SAR
	Processus appliqués aux sources	Traitements géométriques (géopositionnement) et radiométriques (filtrage multirate) grâce à RViewer

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

DISTRIBUTION	Format de données	PRI
	Version	Anglais
	Taille	95-104Mo
	Contact distributeur	Earth Observatio Helf Desk ESA/ESRIN Via Galileo Galilei C,P 64 00044 Frascati-Italy Tel +39 06 94180777 Fax, +39 06 94180272 eohelp@esa,int http://earth,esa,int
METADONNEES	Nom	Radar Langue de Barbarie
	Date de création	17-May-10
	Dernière date de modification	15-Jul-10
	Langue	Francaise
	Nom du standard de métadonnées	SAR_IMP_1PXASI
	Auteur(s)	ESA

2/Métadonnées Profils de plage

IDENTIFICATION	Titre	Etude de la dynamique du cordon littoral gandiolais sur l'axe Saint Louis-Niayam (Potou)
	Résumé	l'approche se focalise sur l'évolution du cordon, les ressources menacées et les mesures de protections
	Thème(s)	Etude des phénomènes d'érosions et d'accumulation cotières dans la zone UEMO de la Mauritanie au Benin
	Mots-clés	Dynamique-cordon-gandiolais-littoral-saint-Louis
	Langues	Français
	Auteur(s)	Boubou Aldiouma SY, Amadou Abou SY, Awa DIANE
	Contact(s)	Tel (221) 77 659 75 82 77 507 14 66 77 447 44 96, email: bouboualdiouma@yahoo.fr, syamadouabou@yahoo.fr, podoroisediane@hotmail.com
	Type des données (jeu, collection)	quantitatives, qualitatives
	Format des données	textes, tableaux, graphiques, photos
	Date de création	multidates, considerant les observations anciennes et récentes
	Date de dernière modification	les observations les plus récentes sont faites en 2010
	Fréquence de mise à jour	la fréquences de mise à jour est annuelle pour ceratines données (stations d'observations recul du cordon)
	Période de validité des données	en fonction des dynamiques en cours
	Status (progression)	en fonction des travaux en cours sur le littoral nord (mémoires, masters, thèses)
Contraintes d'accès	données brutes (statistiques) demande une exploitation rigoureuse (classification, traitement, etc)	
Contraintes d'utilisation	demande une analyse rigoureuse pour l'articuler aux phénomènes physiques visibles sur le terrain	

ORGANISATION ET CONTENU	Type de représentation spatiale	carte de localisation de la zone d'étude,
	Type d'objet vectoriel	carte de localisation de la zone d'étude,
	Présentation topologique (V/F)	nom des localités (Guet Ndar, Goxxumbacc, Ndar Tout, Gadga Lahrar, Niayam, Potou, Taré, Tassinère, Mboumbaye
	Description générale du contenu	
	Description des attributs :	
	Nom_attribut1	
	Type_attribut1	
	Contenu_attribut1	
LOCALISATION	Echelle du jeu de données	
	Extension géographique :	
	Nord	X
	Sud	
	Est	
	Ouest	
	Système de coordonnées géographiques	UTM
	Système de coordonnées projetées	28NWGS
Ellipsoïde de référence		
QUALITE	Précision spatiale	
	Précision temporelle	
	Précision sémantique	
	Exhaustivité	
	Sources	
	Processus appliqués aux sources	

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

DISTRIBUTION	Format de données	
	Version	
	Taille	
	Contact distributeur	
METADONNEES	Nom	
	Date de création	
	Dernière date de modification	
	Langue	
	Nom du standard de métadonnées	
	Auteur(s)	

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Localisation de la zone d'étude	7
Figure 2 : Variation des vitesses des houles en cm/s en fonction des niveaux de profondeur	10
Figure 3 : Typologie des marées selon la géométrie des océans	11
Tableau 1 : Données des marées au large de Saint Louis, le 14 mai 2009	12
Figure 4 : Variations journalières des hauteurs d'eau au large de Saint Louis	12
Figure 5 : Hauteur d'eau en fonction du temps à partir de 12 février 2009	13
Figure 6. Courant latéral et obliquité de la houle.....	13
Tableau 2. Distribution des Classes de vitesses (m/s) de la station de Saint Louis (1996-2004)	15
Figure 7 : Profil des vents efficaces en janvier 2002 à la station de Saint Louis.....	16
Figure 8 : Rose des vents de la station de Saint Louis de 1996 à 2004.....	16
Tableau 3 : Vents actifs en saison sèche à la station de Saint Louis de 1996 à 2004	17
Figure 9 : Orientation des vents en 2006 à la station de Saint Louis.....	17
Figure 10 : Vents mensuels actifs en saison des pluies, station de Saint Louis de 1996 à 2004	18
Tableau 4 : Mesure des vitesses, direction du vent et débits solides mobilisés.....	19
Figure 11 : Débits massiques mobilisés en fonction des vitesses des vents, le 08/04/95 ..	19
Figure 12 : Evolution de la pluviométrie de 1974 à 2004 à la station de Saint Louis	20
Figure 13 : Profil des moyennes décennales (1892-1901/1998-2007).....	21
Tableau 5 : Evolution des normales de 1892-1921 à 1977-2007	21
Figure 14 : Evolution/mois des quartiles de pluie à la station de Saint Louis de 1974 à 2004	22
Tableau 6 : Évolution de la population de Goxxu Mbacc de 1954 à 2001	25
Photo 1: Auberge en construction sur le cordon dunaire de l'hydrobase.....	30
Photo 2 : Immeuble construit au bord de la mer à Guet Ndar	31

Tableau 7 : Espèces menacées dans la zone du Gandiolais	32
Tableau 8 : Caractéristiques des images satellitaires Radar	33
Tableau 9 : Caractéristiques des images satellitaires Optiques.....	33
Figure 15 : Image ERS-2 du 25 Juin 2005 calibrée	34
Figure 16 : Extrait ERS face Doun Baba Dieye (canal de délestage) non géo référencé....	35
Figure 17 : Extrait ERS face Doun Baba Dieye (canal de délestage) non géo référencé	35
Figure 18 : Extraction manuelle du trait de côte.....	36
Figure 19 : Quelques extraits des secteurs littoraux ciblés pour l'évaluation du trait de côte	37
Figure 20 : Localisation des mesures de position du trait de côte au canal.	38
Tableau 10 : exemple de table obtenu après traitement avec DSAS.	38
Figure 21 : Localisation des profils de plage.....	41
Tableau 11 : Moyennes suivant les secteurs et les périodes.....	44
Tableau 12 : moyennes suivant les secteurs et les périodes.....	45
Figure 22 : Évolution du rivage externe de la Langue de Barbarie dans les secteurs du littoral en face de Saint Louis et de l'île Babadiéye au cours des périodes 2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010.....	46
Tableau 13 : moyennes suivant les secteurs et les périodes.....	47
Tableau 14 : moyennes suivant les secteurs et les périodes.....	47
Figure 23 : Évolution du rivage externe de la Langue de Barbarie dans les secteurs du canal de délestage et de l'ancienne embouchure au cours des périodes 2003-2006, 2006-2008 et 2008-2010.....	49
Tableau 15 : Moyennes calculées par régression linéaire pour la période 2003-2010	50
Figure 24 : Régression linéaire sur la période 2003-2010 dans les secteurs du littoral de la Langue de Barbarie en face Saint-Louis et à l'île Babadiéye.....	51
Tableau 16 : Moyennes calculées par régression linéaire pour la période 2003-2010	52
Figure 25 : Extraits d'images Landsat 2010 montrant l'état actuel du canal de délestage (largeur >2000 m) et de l'ancienne embouchure (complètement fermée)	52
Figure 26 : Régression linéaire sur la période 2003-2010 dans les secteurs du littoral de la Langue de Barbarie en face Saint-Louis et à l'île Babadiéye.....	53
Tableau 17 : Stations d'observation du recul/cm du cordon vif à Gadga 1 et Gadga 2	54

Figure 27 : Evolution du recul sur le segment observé (02/2008-02/2009)	54
Figure 28 : Les variations des vitesses de recul au niveau des mires	55
Figure 29 : Recul du cordon sur les berges de la Lagune de Mboumbaye selon les saisons	56
Figure 30 : Granulométrie d'échantillons de la falaise de Gadga Lahrar	57
Figure 31 : Répartition du Sable Grossier	58
Figure 32 : Répartition du sable Fin	58
Tableau 18 : Composition granulométrique au niveau de la brèche (en %)	59
Tableau 19 : Composition granulométrique du Ndioukis à Gadga Lahrar	60
Tableau 20 : Composition granulométrique d'une dune blanche à Gadga	60
Figure 33 : Sites d'interprétation des stations d'observation et de suivi	61
Photo 3 : Effondrement des maisons à Guet Ndar suite aux agressions des vagues	62
Figure 34 : L'emprise du tourisme sur la Langue de Barbarie	64
Tableau 21 : Les réceptifs de la Langue de Barbarie	65

QUESTIONNAIRE

Thème du questionnaire: Perception du phénomène d'érosion du cordon littoral gandiolois et niveau de conscience des risques socio-économiques et environnementaux.

Contexte: Etude de cas sur la Langue de Barbarie « Etude de la dynamique du Cordon littoral gandiolois de Saint Louis à l'embouchure (Taré) »

Objectifs

Comprendre comment l'érosion est perçue par les acteurs impliqués
Comprendre le niveau de conscience des risques qui en découlent

Cibles

Les collectivités côtières :
Les pêcheurs de la Langue de Barbarie
les maraîchers
Les prestataires privés
Les gérants du PNL
Les services techniques
La municipalité
Résultats attendus
Les acteurs cités sont interrogés
Les enjeux sont déterminés
Les jeux d'intérêt sont identifiés

Durée des investigations : du 1er au 8 avril 2010

Questionnaire portant sur les collectivités côtières vivant directement les effets de l'érosion du cordon gandiolois:

- les pêcheurs de la LB;
- les maraichers;
- les gestionnaires du PNLB;
- les prestataires privés.

Rubrique 1. Perceptions et risques sociaux

Q1. Avez-vous constaté des formes d'érosions dans votre entourage ?

R1.....
.....
.....
.....

Q2. Depuis quand avez-vous constaté ces formes d'érosions ? A quelle période de l'année

R2.....
.....
.....
.....

Q3. Comment se manifeste ce phénomène?

R3.....
.....
.....
.....

Q4. Pouvez vous donner des indicateurs?

R4.....
.....
.....
.....

Q5. Comment avez-vous eu connaissance de ce phénomène ? Par quel moyen

R5.....
.....
.....
.....

Q6. Quels sont les risques vécus, les risques à craindre?

R6.....
.....
.....
.....

Q7. Quels sont d'après vous les zones de votre localité les plus touchées par le phénomène ?

R7.....
.....
.....

Q8. Selon vous qu'est ce qui est à l'origine de ce phénomène ?

R8.....
.....
.....
.....

Q9. Existe-il une relation entre vos activités quotidiennes et l'apparition de ce phénomène?
R9.....

Q10. Pouvez vous cohabiter avec ce phénomène ?
R10.....

Q11. Peut-on trouver un remède à ce problème ? Comment
R11.....

Q12. Avez-vous envisagé de solutionner ce problème à votre niveau ? Comment
R12.....

Q13. Avez reçu une aide extérieur pour lutter contre ce phénomène ?
R13.....

Q14. Quelles sont les solutions envisagées par ces personnes extérieurs ?
R14.....

Q15. Comment jugez vous ces interventions ?
R15.....

Rubrique 2. Perceptions et risques économiques

Rubrique 2.1. Sur la pêche

Q1. Pensez vous que la plage s'est rétréci depuis que vous êtes installé ici ?

R1.....
.....
.....

Q2. Comment expliquez vous ce rétrécissement ?

R2.....
.....
.....

Q3. Quel est le rôle de la plage dans vos activités de pêche ?

R3.....
.....
.....

Q4. Quel est en moyenne le nombre de pirogues qui accostaient sur la plage ?

R4.....
.....
.....

Q5. Quel est en moyenne le nombre de pirogues qui accostent maintenant ?

R5.....
.....
.....

Q6. Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confrontés dans vos activités de pêche ?

R6.....
.....
.....

Q7. Peut- on faire une liaison entre ces difficultés et le phénomène d'érosion ?

R7.....
.....
.....

Q8 Selon vous peut-on solutionner ce problème ?

R8.....
.....
.....

Rubrique 2.2. Sur le tourisme

Q1. Depuis quand êtes vous implanté ici ?

R1.....
.....
.....

Q2. Savez vous sur quel séquence de la plage êtes vous implanté ?

R2.....
.....
.....

Q3. Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confronté ?

R3.....
.....
.....

Q4. Existe-il une partie de vos activités qui a disparu à cause de l'érosion du cordon ?

R4.....
.....
.....

Q5. Quels sont les indicateurs du recul du cordon sur votre local ?

R5.....
.....
.....

Q6. Selon vous qu'est ce qui est à l'origine de cela ?

R6.....
.....
.....

Q7. Quelles sont les solutions que vous préconisez ?

R7.....
.....
.....

Q8. Quel pourrait être votre contribution personnelle ?

R8.....
.....
.....

Rubrique 2.3. Sur l'agriculture

Q1. Depuis quand pratiquez vous le maraîchage ?

R1.....
.....
.....

Q2. Dans quel zone pratiquez vous le maraîchage ?

R2.....
.....
.....

Q3. Quels sont les problèmes auxquels vous êtes confronté ?

R3.....
.....
.....

Q4. Avez-vous constaté des phénomènes d'ensablement ? Depuis quand

R4.....
.....
.....

Q5. Selon vous qu'est ce qui est à l'origine de ce phénomène ?

R5.....
.....
.....

Q6. Quelles sont les transformations que vous avez remarqué depuis ?

R5.....
.....
.....

Q7. Avez-vous changé de pratiques culturelles depuis le début du phénomène ?

R7.....
.....
.....

Q8. Quelles sont les solutions que vous préconisez ?

R8.....
.....
.....

Rubrique 3 : Perception et risques écologiques

Q1. Quels sont les problèmes auxquels le parc est confronté ?

R1.....
.....
.....
.....

Q2. Avez constaté un dysfonctionnement biologique depuis l'érosion ?

R2.....
.....
.....
.....

Q3. A combien peut-on évaluer la superficie du parc avant le colmatage de l'embouchure ?

R3.....
.....
.....
.....

Q4. A combien peut-on l'évaluer maintenant ?

R4.....
.....
.....
.....

Q5. Comment se manifeste l'érosion ? Existe-t-il des indicateurs

R5.....
.....
.....
.....

Q6. Quelle est la partie du parc la plus touchée ?

R6.....
.....
.....
.....

Q7. A combien peut-on évaluer le nombre d'oeuf qui se perd à cause de l'érosion ?

R7.....
.....
.....
.....

Q8. Quelles sont les solutions envisagées dans ce sens ?

R8.....
.....
.....
.....

QUESTIONNAIRE PORTANT SUR LES COLLECTIVITES COTIERES VIVANT DIRECTEMENT LES EFFETS DE L'EROSION DU CORDON GANDIOLAIS

- les services techniques (environnement, Eaux et Forets);
- la municipalité.

Rubrique1. L'érosion du cordon littoral gandiolaais vue par les autorités communales

Q1. Avez-vous constaté des phénomènes d'érosions côtières à Saint Louis ?

R1.....
.....
.....
.....

Q2. Quelle est la zone la plus exposée ?

.....
.....
.....
.....

Q3. Que pensez vous de la situation de Doun Baba DIEYE ?

R3.....
.....
.....
.....

Q4. Selon vous qu'est ce qui est à l'origine de ce phénomène ?

R4.....
.....
.....
.....

Q5. A combien estimez vous le nombre d'habitant directement menacé par l'érosion ?

R5.....
.....
.....
.....

Q6. Q'avez-vous fait pour lutter contre ce phénomène ?

R6.....
.....
.....
.....

Q7. Avez-vous associé les populations ? Quelle population

R7.....
.....
.....
.....

Q8. Comment jugez vous les mesures de conservations ?

R8.....
.....
.....
.....

Rubrique 2. L'érosion du cordon littoral gandiolais vue par le service de l'environnement de Saint Louis

Q1. Quels sont les problèmes d'environnement auxquels la zone de Saint Louis est confrontée ?

R1.....
.....
.....
.....

Q2. Que pensez vous de l'érosion côtière ? Les zones les plus touchées

R2.....
.....
.....
.....

Q3. Qu'est ce qui est à l'origine de ce phénomène ?

R3.....
.....
.....
.....

Q4. Qu'avez-vous fait pour gérer ce phénomène ?

R4.....
.....
.....
.....

Q5. Quelles sont les difficultés auxquelles vous êtes confrontez dans ce dossier ?

R5.....
.....
.....
.....

Q6. Quelles solutions préconisez vous pour améliorer ce phénomène ?

R6.....
.....
.....
.....

Q7. Qui sont vos partenaires stratégiques dans ce dossier ?

R7.....
.....
.....
.....

Q8. Pensez vous que la zone de Saint louis peut être à l'abris ?

R8.....
.....
.....
.....

Rubrique 3. L'érosion du Cordon littoral gandiolais vue par le service des eaux et forets

Section 1. Occupation du Domaine Publique Maritime

Q1.Est-ce que le Domaine Publique maritime de Saint-Louis est Occupé ?

R1.....
.....
.....

Q2. Quelles sont les différentes formes d'occupations ?

R2.....
.....
.....

Q3. Comment jugez-vous ces occupations ?

R3.....
.....

Q4. Quelles sont les parties du littoral saint- louisien concernées par cette occupation ?

R4.....
.....

Q5. Avez-vous constatez un phénomène d'érosion côtière sur le littoral sainte louisien ?

R5.....
.....

Q6. Selon vous quelle en sont les causes ?

R6.....
.....
.....

Q7. Avez-vous une idée de l'influence de l'occupation de DPM sur l'érosion littorale à Saint-louis ?

R7.....
.....
.....

Q8.Quel est le rôle des autorités municipales dans cette affaire ?

R8.....
.....
.....

Section 2. Extraction frauduleuse de sable marin

Q1. Avez-vous noté des cas de prélèvement de sable sur les plages de Saint-Louis ?

R1.....
.....
.....

Q2. Selon-vous qui sont les principaux usagers ?

R2.....
.....
.....

Q3. Sur quel secteur du littoral préleve-t-on plus de sable ?

R3.....
.....
.....

Q4. Quels sont les moyens qu'ils utilisent ?

R4.....
.....
.....

Q5. Le prélèvement de sable marin est-il autorisé à Saint-Louis ?

R5.....
.....
.....

Q6. Avez-vous une idée de la quantité de sable prélevée ?

R6.....
.....
.....

Q7. Avez-vous une idée de l'influence des prélèvements de sable sur le recul du cordon à Saint-Louis ?

R7.....
.....
.....

Q8. Existe-il des sanctions ou des mesures de gestion du phénomène ?

R8.....
.....
.....

Section 3. Déforestation

Q1. Quels sont les différents types de pression sur les ressources végétales dans le Gandiolais ?

R1.....
.....
.....
.....

Q2. Quels en sont les principaux usages ?

R2.....
.....
.....
.....

Q3. Avez-vous une idée du niveau de dégradation de la végétation dans le Gandiolais ?

R3.....
.....
.....
.....

Q4. Quelles sont les espèces les plus menacées ?

R4.....
.....
.....
.....

Q5. Existe-il des espèces qui ont disparues ?

R5.....
.....
.....
.....

Q6. Avez-vous une idée de l'influence de la dégradation de la végétation sur les modifications environnementales dans le Gandiolais ?

R6.....
.....
.....
.....

Q7. Est-ce que les coupes de bois sont réglementées dans cette partie du littoral ?

R7.....
.....
.....
.....

Q8. Quelles sont les mesures de gestion des pressions sur les ressources végétales dans le Gandiolais ?

R8.....
.....
.....
.....
.....

