



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

ETUDE DE CAS EN MAURITANIE

EVOLUTION DU LITTORAL DE
NOUAKCHOTT :
CARACTERISATIONS ET RISQUES
ASSOCIES



EVOLUTION DU LITTORAL
DE NOUAKCHOTT :
CARACTERISATIONS
ET RISQUES ASSOCIES

Abdoul Jelil NIANG & al

TABLE DES MATIERES

I.	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	4
II.	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	6
2.1	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	8
2.2	LES CARACTERISTIQUES METEOROLOGIQUES ET OCEANOGRAPHIQUES DU SITE	18
III.	APPROCHE METHODOLOGIQUE	24
3.1	DONNEES UTILISEES ET TRAITEMENTS	24
3.2	INDICATEURS CHOISIS	25
3.3	TECHNIQUE DE POSITIONNEMENT DE LA LIGNE DE REFERENCE.....	27
3.4	METHODE DE CALCUL DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE	27
3.5	ESTIMATIONS DE LA MARGE D'ERREUR	28
IV.	EVOLUTION DIACHRONIQUE DE LA POSITION DU TRAIT DE CÔTE.....	29
V.	PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS.....	32
VI.	PERSPECTIVES	33
6.1	SUIVI DE LA MORPHOLOGIE DU SITE	33
6.2	SUIVI DES AGENTS HYDRODYNAMIQUES	33
6.3	MODELISATIONS NUMERIQUES	34
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	41
	METADONNEES	42
	LISTE DES ILLUSTRATIONS	44

I. CONTEXTE DE L'ETUDE

Le littoral de Nouakchott est par essence fragile. Il est caractérisé par un transit sédimentaire très important, estimé à environ 1 million de m³/an (Senhoury, 2000), et par une plage sableuse, aride, exposée, houleuse et ventée. L'évolution de ce littoral a eu une ampleur spectaculaire à la suite de la construction sur la façade maritime de Nouakchott, en 1986, d'un port en eaux profondes dit port de l'Amitié. Ainsi, il a été constaté :

- un fort ensablement de la côte au nord du port ;
- une érosion menaçante au sud des installations actuelles ayant déjà nécessité la mise en place de mesures de sauvegarde (épi de protection, digue de retenue des eaux).

Les aménagements de protection construits n'ont pas toujours eu des effets positifs. Réalisés au coup par coup, les impacts négatifs sur l'environnement ont été rarement pris en compte pour les définir.

Photo1 : vue aérienne des abords du port de Nouakchott en 1991



(Photographie aérienne au 1/15 000, IGN France)

Par ailleurs, et même si le port de l'Amitié est de loin la première cause des évolutions spectaculaires du littoral de Nouakchott, d'autres éléments anthropiques contribuent aussi considérablement à perturber ce système côtier. Les prélèvements de sable sur les dunes littorales ont un impact important sur les risques, à court terme, de submersion marine de la ville. La présence au sommet de la dune bordière de constructions (marché aux poissons, hôtels, usines, ...) perturbe le fonctionnement naturel de la plage en créant des obstacles aux échanges dynamiques entre la dune et celle-ci. L'utilisation de la végétation, déjà frappée par la sécheresse des dernières décennies, comme bois de chauffe, la présence d'importantes concentrations d'animaux pour l'approvisionnement de la capitale en lait frais, la circulation des véhicules entre la plage et la dépression de l'Aftout à travers le cordon dunaire pour les activités balnéaires sont d'autres éléments de fragilisation de la dune bordière.

Ainsi la présente étude a pour objectif d'évaluer les risques littoraux qui pèsent sur le littoral de Nouakchott au regard de l'évolution spectaculaire du trait de côte aux environs du port de l'Amitié et de la dégradation sans cesse croissante du cordon littoral sur les autres secteurs de ce littoral. Elle vise, par ailleurs, à proposer des mesures d'atténuation des risques encourus actuellement par la ville et ses infrastructures et des solutions d'adaptation appropriées.

D'ores et déjà plusieurs travaux, portant sur la problématique abordée, ont été réalisés. Il s'agit notamment de :

- la thèse de Doctorat de Monsieur Ahmed Ould Mohameden intitulée « Aménagement et évolution du littoral, Apports de la télédétection et de la modélisation mathématique: cas du port de Nouakchott (Mauritanie) »;
- la thèse de doctorat de Monsieur Ahmed ElMoustpha Senhoury, intitulée « Dynamique sédimentaire et évolution prévisionnelle du littoral de Nouakchott », soutenue en 2000 à l'Université de Caen ;
- l'étude de l'environnement aux abords de Nouakchott, commanditée par le Programme de Développement Urbain de Nouakchott - PDU et réalisée en 2004 par le consortium constitué des bureaux d'études IRC-Consultant (Mauritanie) et Saint Martin Paysage (France) ;
- l'évaluation du risque d'inondation de la zone littorale de Nouakchott, réalisée en 2005 par un groupe d'experts, à la demande du MPEM (Ministère de la Pêche et de l'Economie Maritime) ;
- la cartographie des risques d'inondation de la ville de Nouakchott, réalisée en 2006 par le GRESARC (Groupe de Recherche sur les Environnements Sédimentaires Aménagés et Risques Côtiers de l'Université de Caen en France), à la demande du bureau de l'UICN en Mauritanie.
- l'étude portant sur l'état des lieux des risques de submersion marine de la ville de Nouakchott réalisée en 2008 par le bureau d'études IRC-consultant pour le compte du Ministère de l'Environnement

En somme, la synthèse des travaux antérieurs, cumulée aux observations de terrain, montrent actuellement que le cordon littoral gandiolais 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 gandiolais.

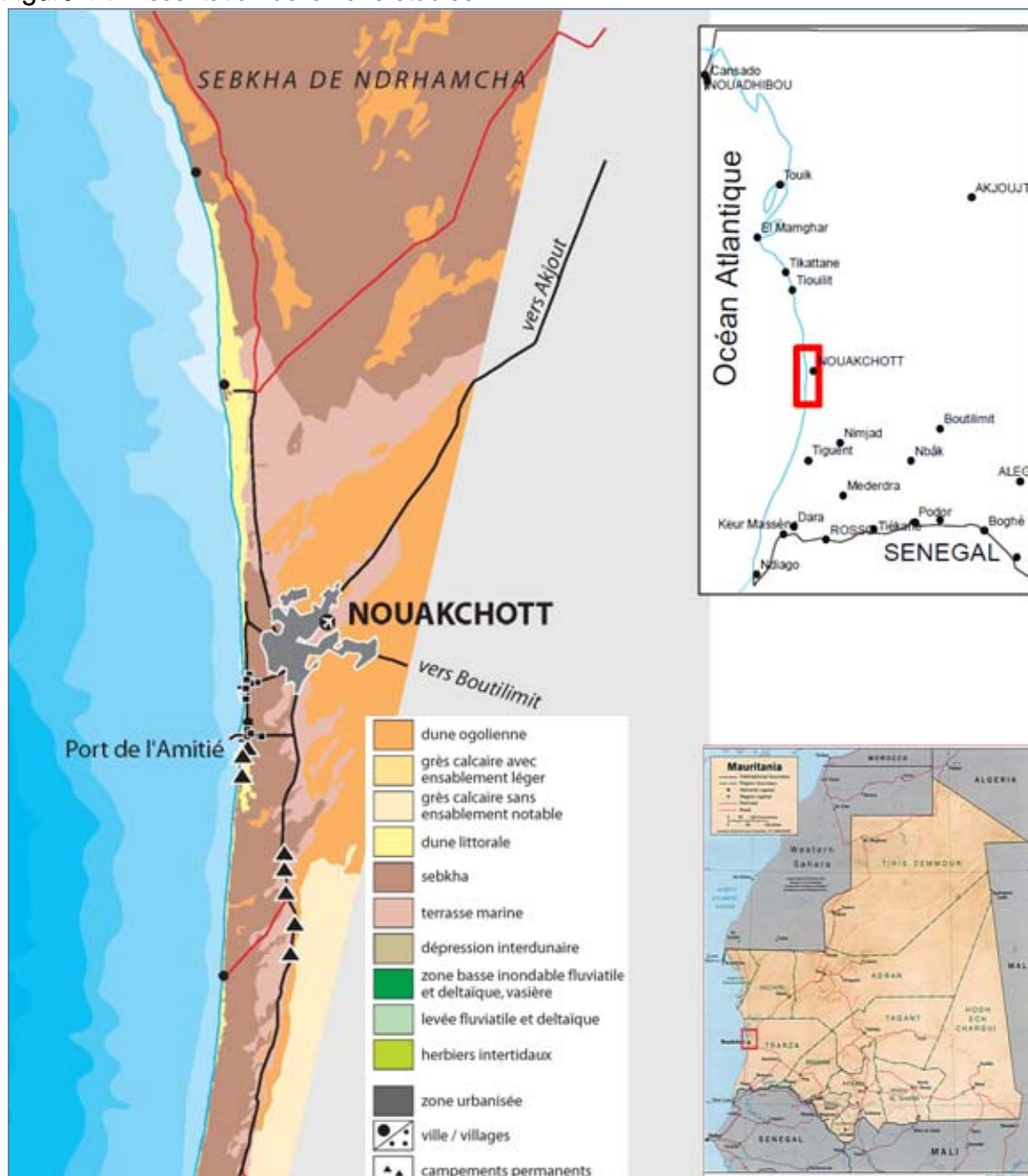
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Mauritanie est située entre le 15ème et le 27ème parallèle Nord et couvre une superficie de 1 030 700 km² (Senhoury, 2000). Appartenant à l'Afrique occidentale, ce pays fait face à l'Océan Atlantique sur environ 650 km (Senhoury, 2000). La partie sud du littoral mauritanien, située entre le cap Timiris et le fleuve Sénégal, constitue un ensemble géographique relativement homogène. Elle est caractérisée par une plage linéaire, aride, sableuse et ventée. Elle s'appuie sur un cordon littoral peu élevé (5 à 10 m) (Hebrard, 1973) qui limite et protège de la mer de vastes dépressions salées (*sebkha Ndrumcha* de +3 à -3 m) (Hebrard, 1973), *Aftout es Saheli* de -1 à +1 m (Hebrard, 1973) par rapport au niveau moyen de la mer).

Le tracé de la côte est de direction générale Nord-Sud. Au droit de Nouakchott, capitale du pays, située vers 18°07 de latitude nord et 16°01 de longitude ouest, le trait de côte montre une légère concavité à très grand rayon de courbure.

Cette capitale dont les quartiers périphériques gagnent de plus en plus sur le domaine côtier échappe difficilement à des risques littoraux. Cela se trouve exacerbé par le fait que Nouakchott, dont le centre se situe à moins de cinq kilomètres du front de mer, est en développement spatial tentaculaire et anarchique. Bien que de création récente, la ville de Nouakchott a subi les effets d'une croissance accélérée, passant de 1800 habitants en 1955 à plus de 700 000 au dernier recensement de 2000 (ONS, 2001). L'organisation spatiale de la ville se caractérise par un développement radial et un habitat dispersé à forte dominante horizontale. La croissance de la ville s'est faite au rythme des attributions de terrains et de la création de nouveaux lotissements sans que les précédents ne soient totalement mis en valeur. Cette pratique a entraîné un étalement de la ville aggravé par l'installation spontanée et non contrôlée de nouveaux migrants dans les zones périphériques ou dans des poches du tissu urbain existant, sur des sites non aménagés. La plus grande partie des nouveaux quartiers et plusieurs infrastructures socioéconomiques ont été construits dans la zone d'Aftout Es Saheli, située en grande partie à des niveaux topographiques en dessous du niveau de la mer

Figure 1 : Présentation de la zone étudiée



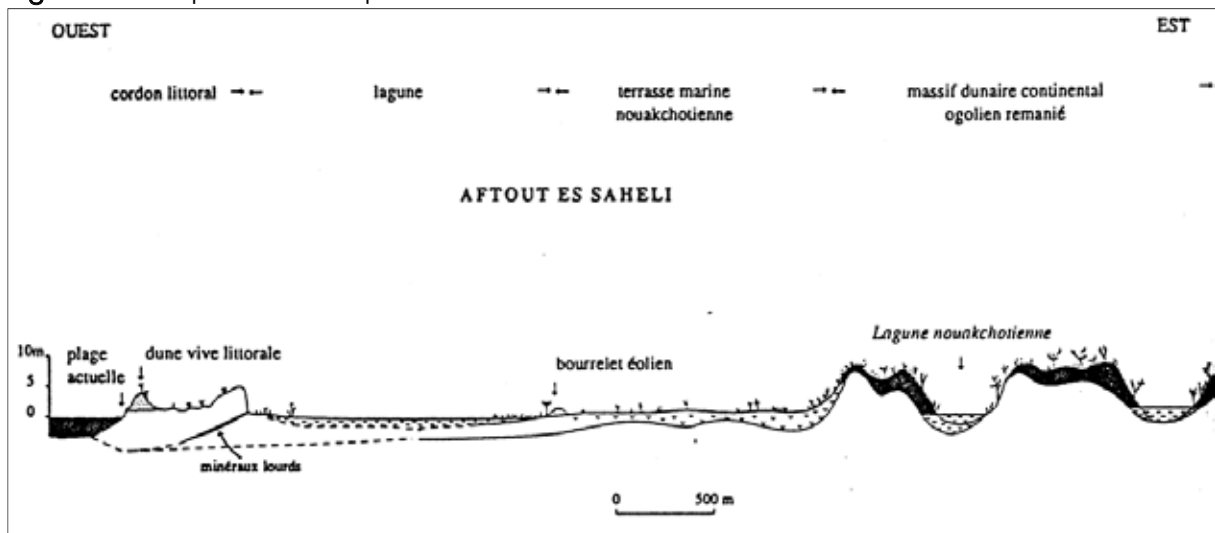
(fond de carte LETG-Geomer, Brest)

2.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Géomorphologie côtière du littoral de Nouakchott

Le site concerné par cette étude est caractérisé sur le plan géomorphologique par la présence de la dépression de *l'Aftout El Saheli*. Il s'agit d'une plaine étroite qui s'étire sur plus de 200 km (Hebrard, 1973) entre les dunes littorales et les dunes continentales de l'erg Trarza, depuis le Chott Boul au Sud, ancienne embouchure du fleuve Sénégal (à 64 km au Nord de Saint-Louis) jusqu'à Nouakchott (figure 2).

Figure 2: Coupe schématique de l'Aftout



(Hebrard, 1973)

Cette plaine littorale de 3 à 5 km (Hebrard, 1973) de largeur peut être inondée par les eaux du fleuve Sénégal lors des crues exceptionnelles comme celle de 1950.

La sebkha d'*Aftout Es Saheli* constitue une zone basse dont l'altitude est inférieure au niveau de la mer. La nappe d'eau y est partout subaffleurante et son niveau est en relation directe avec celui de l'océan.

Outre qu'elle constitue un réceptacle des eaux marines et des pluies, la nappe menace la ville de Nouakchott en affleurant et rend les conditions d'habitat précaires mêmes en dehors des périodes d'inondation.

Lorsque la nappe est élevée, une pluie même faible, ne pénètre pas dans les argiles de la sebkha déjà saturés en eau, et c'est l'inondation.

Cette nappe permanente est en contact direct avec les accumulations d'ordures et enrichie des eaux usées domestiques des fosses sceptiques individuelles en l'absence d'un réseau d'assainissement et d'unités de traitement des eaux usées.

Photo 3 : Quartiers précaires inondés dans la sebkha, juin 2005(a) et à la SOCOGIM Plage, septembre 2009(b)



(source : Niang)

1. Zonage du Cordon littoral

L'espace dans lequel s'est développé Nouakchott a subi de profonds bouleversements durant les quatre dernières décennies. Certains résultent de l'aridification qui affecte l'ensemble de l'espace saharo-sahélien, d'autres de la dégradation et de l'appauvrissement aggravés du tapis végétal à proximité d'une agglomération urbaine qui pèse très lourdement sur son environnement. Les conséquences directes sont une fragilisation extrême du littoral, une exacerbation de l'érosion éolienne et une multiplication des risques encourus par les populations migrantes de plus en plus nombreuses et consommatrices d'un espace menacé au plan écologique.

Le littoral de Nouakchott est soumis à un régime de houles lointaines dominantes d'origine boréale provenant du N-O (IRC Consultant, 2004). Par incidence oblique au trait de côte, ces houles, souvent conjuguées aux vagues de vents locaux, engendrent une dérive sédimentaire Nord-Sud intense. Un régime de vents quasi-permanent soufflant du secteur NE à O (IRC Consultant, 2004) contribue au façonnement de ce littoral.

En l'état, quatre zones peuvent être distinguées au niveau du cordon littoral (figure 3) :

ZONE 1 : AU NORD DE LA PLAGE DES PECHEURS

L'influence du port ne se fait pas sentir dans ce secteur, et le profil de plage peut être considéré comme représentatif du littoral Mauritanien. Dans cette zone, la dune est très haute avec des hauteurs de plus de 4 mètres au dessus du niveau de laisse de tempête (IRC -consultant, 2004). Le front de la dune présente souvent une microfalaise caractéristique d'une côte en érosion, et la rupture du profil exprime le déséquilibre entre les conditions marines actuelles et les formes dunaires héritées. Les matériaux indurés mis à nus dans le front de dune en sont le témoignage. Si ce cordon constitue une protection relativement bonne pour une partie de la ville, il présente cependant des points de faiblesse aggravés par les prélèvements de sable de construction encore récemment pratiqués dans ce secteur. L'implantation sur les dunes de constructions hôtelières (hôtel du Golf en construction) et balnéaires perturbe les échanges dune/plage et risquent si elles fonctionnent, d'entraîner une surfréquentation mal contrôlée des alentours. On note

quelques passages bas qui pourraient constituer une menace potentielle et méritent vigilance.

Figure 3 : Image SPOT 2000

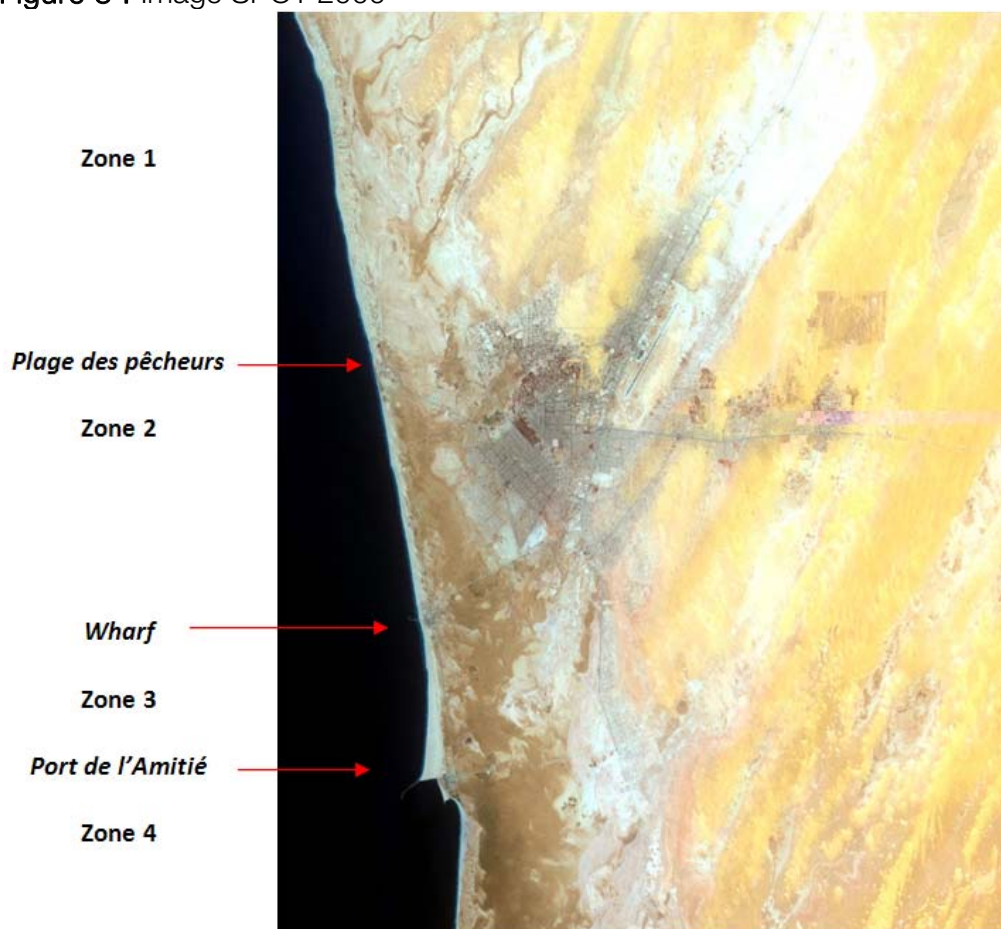


Photo 4 : Cordon littoral au Nord de la plage des pêcheurs



ZONE 2 : ENTRE LA PLAGE DES PECHEURS ET LE WHARF

Au sud de la plage des pêcheurs, le cordon littoral est très étroit. Il comporte des points sensibles qui, à l'occasion de fortes houles associées à de grandes marées de vive-eau, favorisent l'intrusion d'eaux marines qui peuvent envahir les zones basses de la plaine littorale. Le profil de ce cordon littoral mesuré en 2003 montre que le niveau de cette dune ne présente, en certains endroits, qu'une légère garde de 30 centimètres par rapport à la laisse du niveau pleine mer de tempête dynamique.

Cette zone est la plus anthropisée. C'est dans ce secteur que se situe le Wharf, dont la construction fut entreprise en 1963 et qui a ensuite connu deux opérations d'extension en 1971 et 1977. Complètement transparent au transit sédimentaire, le Wharf construit sur pilotis, n'a eu que très peu d'impact sur le tracé du littoral. Actuellement situé dans la zone d'influence du port, il voit également son environnement hydrogéomorphologique se transformer avec un fort ensablement de sa racine et une remontée générale des fonds bathymétriques à son niveau.

Photo 5 : l'une des brèches du cordon littoral entre le Wharf et la plage des pêcheurs



(F. Levoy)

ZONE 3 : ENTRE LE WHARF ET LE PORT DE L'AMITIE

Malgré le développement d'un large corps sableux au nord du port, le cordon littoral reste peu élevé, son point le plus bas inférieur à 3m, se situant à proximité du phare. La large banquette qui s'est formée au nord de la jetée du port constitue une sorte de tampon qui protège le cordon dunaire de l'érosion marine. Elle n'est en conditions « normales » pas recouverte par les pleines mers, mais la végétation fixatrice n'arrive tout de même pas à s'y pérenniser. La zone en défens du port parsemée de nombreuses touffes de *Zygophyllum* montre que la cause de cet échec ne tient pas aux conditions naturelles, mais plutôt à la pression des troupeaux de chameaux et de chèvres.

Photo 6 : le cordon littoral entre le Wharf et le Port



(F. Levoy)

ZONE 4 : AU SUD DU PORT DE L'AMITIE

En aval du blocage de la dérive littorale par la jetée du port, la plage est totalement privée d'apports sableux et subit une forte érosion. Dans ce secteur déficitaire en sédiments, le cordon littoral est complètement arasé, et laisse pénétrer la mer, au moment de la marée haute, au-delà du bourrelet de plage. Une lagune en eau quasi permanente s'est ainsi formée. Une digue de retenue, mal entretenue, a dû être construite pour éviter la remise en eau de l'*Aftout es Saheli* et l'inondation d'une partie des installations portuaires. L'épi dont la fonction initiale était de protéger le port et les installations portuaires des effets néfastes des houles diffractées a de ce fait été totalement déchaussé et isolé du littoral. Des réaménagements du pied de l'épi ont dû être entrepris pour faire face à cette situation périlleuse pour le domaine portuaire.

Photo 7 : Destruction totale du cordon dunaire à cause de l'ouvrage portuaire au Sud du Port



(F. Levoy)

Le cordon dunaire ne réapparaît qu'à 5 ou 6 km au sud du port. Du fait de sa sous-alimentation en sable, il est fortement érodé et en recul, entaillé par une falaise vive de quelques mètres.

2. Occupation du Sol

L'inventaire des constructions sur le littoral ou dans la partie de l'Aftout adjacente met en évidence près d'une trentaine de constructions. Ces constructions représentent une pression anthropique importante sur le littoral et son environnement.

En matière de caractérisation des activités exercées par ces établissements, la majorité appartient au secteur industriel, au secteur hôtelier et au secteur de la transformation des produits de la pêche.

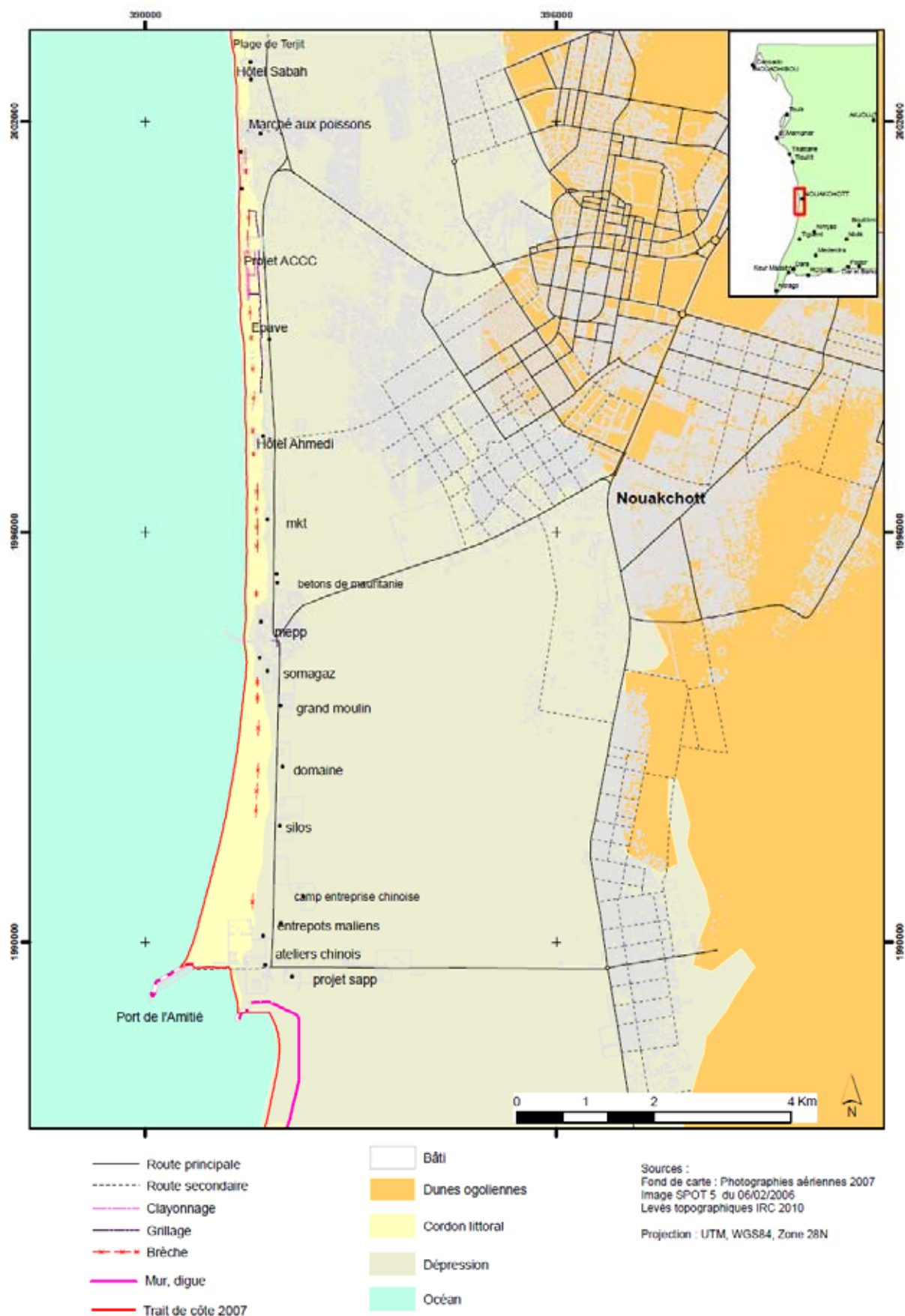
Au nord du Wharf, plusieurs hôtels (El Ahmedi, Sabah et Tergit Vacances) font partie des installations en question en plus du Marché aux poissons érigé en plein sur la dune bordière. Un nouvel Hôtel-Golf est en construction dans la limite nord de notre secteur d'étude. A cela s'ajoute plusieurs domaines clôturés implantés entre le Wharf et le marché aux poissons.

Dans la partie située entre le Wharf et le port de Nouakchott, plusieurs installations industrielles et d'entreposage sont installées. Il s'agit notamment :

- d'entrepôts de produits pétroliers au Wharf et au Port (Mauritanienne d'Entreposage des Produits Pétroliers – MEPP)
- d'entrepôts de gaz liquide (Société Mauritanienne du Gaz - SOMAGAZ)
- de silos à grains (Grands Moulins de Mauritanie et futurs projets de silos actuellement en construction).
- de cimenteries (Ciment de Mauritanie au niveau du Wharf et Béton de Mauritanie à l'Est du port)
- d'entrepôts maliens
- de camp et atelier de l'entreprise chinoise
- etc.

Certaines industries de stockage sont destinées à des produits fortement explosifs présentant d'importants risques potentiels pour le cordon littoral et donc pour la sécurité de la ville.

Figure 4 : Carte d'occupation du sol du littoral de Nouakchott



Les risques de submersion

La ville de Nouakchott se situe, en majorité, entre 0 et +4m IGN avec un niveau de Pleine Mer de Vive Eau (PMVE) de +2.16 m IGN (IRC-Consultant, 2004). L'extrême fragilité du cordon littoral qui protège la ville de la mer, l'exploitation anarchique de ce littoral et l'aménagement d'infrastructures inadaptées, ont rendu le cordon littoral de protection extrêmement vulnérable et ont exposé une partie importante de la ville à un risque d'inondation, ou plus exactement de submersion réel. Ces submersions frappent surtout la zone Wharf/plage des pêcheurs ; plusieurs d'entre elles restent dans les mémoires : en Août 1992, les vagues de tempête franchissent le cordon et creusent une brèche d'une cinquantaine de mètres au nord de l'hôtel El Ahmedi. En conséquence les autorités décident l'interdiction de prélèvements de sable dans le cordon entre le port et la plage des pêcheurs, interdiction très peu respectée. Dans la nuit du 14-15 décembre 1997, des surcotes accompagnées de fortes houles grossies par une brise de mer, au moment de grandes marées, provoquent plusieurs points de ruptures entre l'hôtel El Ahmedi et l'hôtel Sabah. Les dégâts sont importants à la plage des pêcheurs où on compte plusieurs victimes. Le 18 décembre 1999, un nouvel épisode de tempête se traduit par une nouvelle inondation des secteurs bas de la sebkha où s'était développé tout un quartier nouveau de Nouakchott, obligeant la municipalité à déplacer rapidement tous les habitants de la zone. L'analyse des levés topographiques de Nouakchott mesurés par le GRESARC en 2006 montre qu'environ 1/3 des zones construites de la ville sont submersibles (GRESARC, 2006)). La figure 5 présente les secteurs les plus vulnérables aux risques de submersion marine.

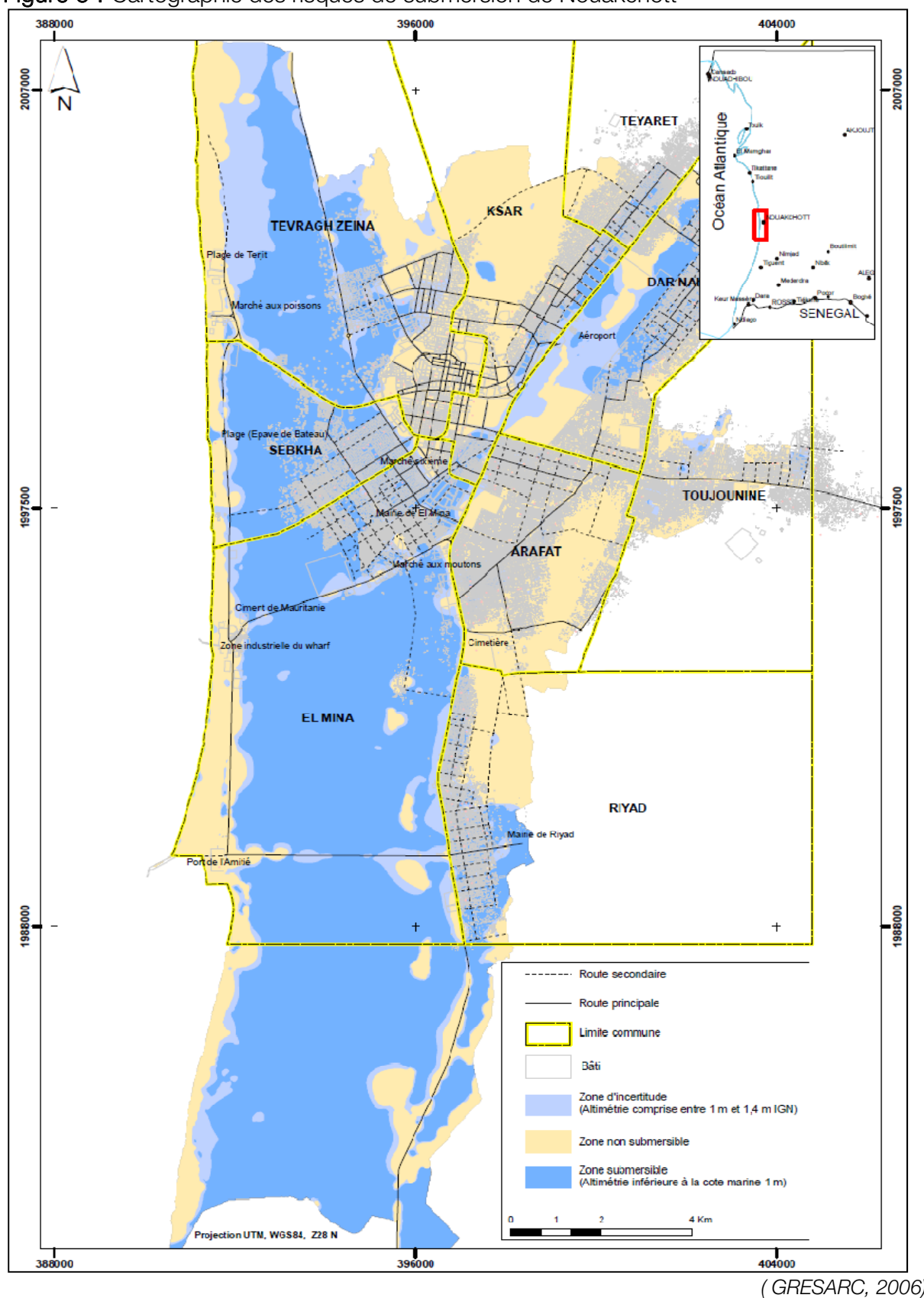
Cette carte présente les zones soumises aux risques de submersion de la ville de Nouakchott en cas de brèches de grandes tailles formées dans le cordon dunaire, dans un contexte hydro-météorologique exceptionnel.

Dans l'état actuel, deux zones de fragilisation du cordon littoral se présentent induisant des risques de submersion marine:

- entre la zone industrielle du Wharf et le marché aux poissons, le cordon dunaire présente deux secteurs critiques (Figure 5), susceptibles d'évoluer en brèches en cas de tempête de secteur SW à NW associée à un niveau marin élevé. Ce risque est particulièrement élevé, en raison notamment de la faible altimétrie et de l'étroitesse du cordon à ce niveau. Bien que ces secteurs critiques atteignent encore partiellement une altitude supérieure à 1m, l'état du cordon dunaire à ce niveau doit faire l'objet d'une attention particulière.
- Immédiatement au Sud du port, suite au recul de la ligne de rivage qui a atteint -300 mètres entre 1995 et 2006 (GRESARC, 2006), se traduisant par l'érosion totale du cordon dunaire, l'altimétrie actuelle des terrains bordiers permettrait également une intrusion des eaux marines en contexte exceptionnel.

Dans ce contexte et en l'absence de relief interne permettant de contenir les eaux (hormis peut-être les routes surélevées traversant les zones de sebkhas), l'extension de la submersion au sein de la zone basse située en arrière de la frange littorale serait très rapide, quel que soit l'emplacement du point de rupture (au Nord ou au Sud du port).

Figure 5 : Cartographie des risques de submersion de Nouakchott



2.2 LES CARACTERISTIQUES METEOROLOGIQUES ET OCEANOGRAPHIQUES DU SITE

1. Les vents

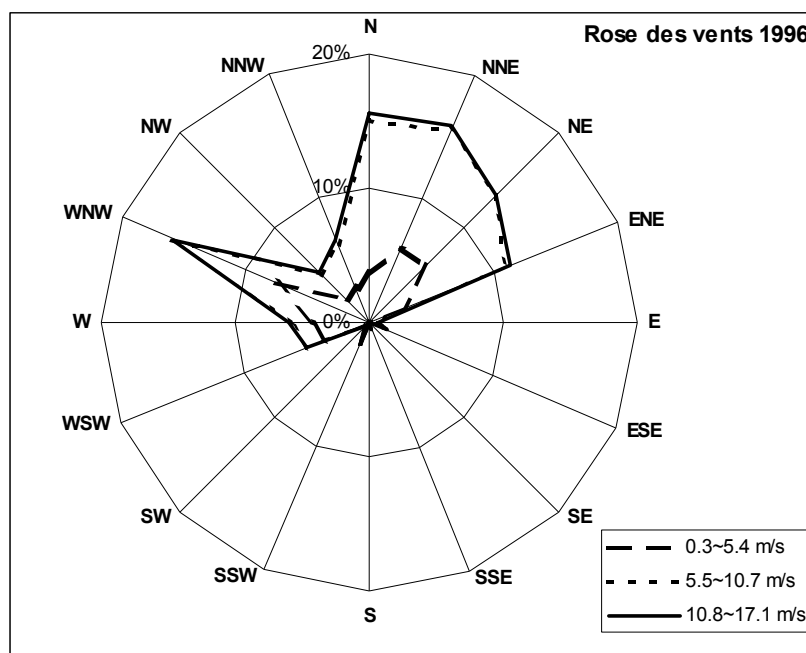
L'analyse des données de vent pour l'année 1996, mesurées à l'extrémité ouest du port de Nouakchott, à une hauteur de 11 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer, a été réalisée par A. Senhoury (Senhoury, 2000). Cette analyse (tableau 1 et fig. 6) montre que les vents les plus fréquents proviennent des secteurs ENE à WSW. Les vents du secteur ENE au NNW représentent 62,9 % des conditions annuelles, alors que les vents du secteur NW à WSW sont présents dans 31,9 % des situations. Les vents forts (supérieurs à 10,8 m/s) sont rares, représentant 2,3 % des observations. Les vents inférieurs à 5,5 m/s représentent 42,1 % des conditions annuelles. 55,6 % des vents ont des vitesses comprises entre 5,5 et 10,8 m/s (Tableau 1).

Tableau 1 : Directions et vitesses des vents observés au port de Nouakchott pour l'année 1996

Vitesse (m/s)	Direction												Total
	N	NNE	NE	ENE	ESE	SSW	WS	W	WN	NW	NN	Autre	
0.3~5.4	3.6	6.1	5.9	2.9	0.0	1.8	3.6	4.3	7.6	2.3	2.7	1.3	42.1
5.5~10.8	11.1	9.4	7.4	8.1	1.4	0.0	1.4	1.4	8.3	2.7	3.4	0.5	55.6
10.8~17.1	0.5	0.4	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.5	0.0	2.3
Totaux	15.2	15.9	13.5	11.4	1.4	1.8	5.0	5.9	15.9	5.2	6.6	1.8	100

(Senhoury, 2000)

Figure 6 : Rose des vents au port de Nouakchott (Année 1996)



(Senhoury, 2000)

2. La marée à Nouakchott

La marée à Nouakchott est du type semi-diurne. La variation du niveau de la mer due à la marée dans la région de Nouakchott est caractérisée par les niveaux suivants d'après les mesures effectuées entre 1976 et 1984 par les services techniques du port (Mohameden, 1995) :

- Niveau maximum des vives-eaux :	2,05 m
- Niveau minimum des vives-eaux :	0,03 m
- Niveau moyen de la haute mer :	1,44 m
- Niveau moyen de la basse mer :	0,51 m
- Niveau moyen de la mer :	0,97 m
- le marnage maximum :	1,66m
le marnage minimum :	0,22m
le marnage moyen :	0,93 m

3. Les houles

Pour disposer d'une base de données satisfaisante concernant le climat annuel d'agitation à Nouakchott au droit de la zone d'étude, une analyse des conditions d'agitation utilisant les données mesurées par les services techniques du port de l'Amitié pendant une période d'une année, entre mars 1996 et février 1997, a été réalisée par A. Senhoury (Senhoury, 2000).

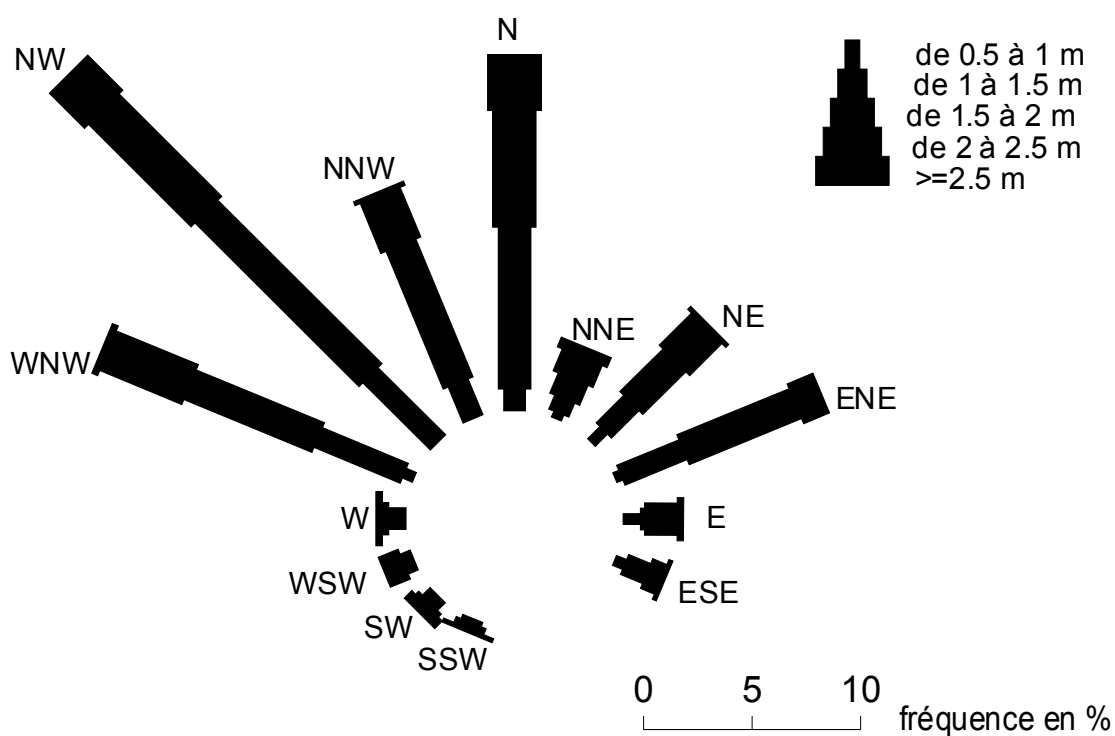
L'analyse de ces données, qui ont porté sur 608 observations, montre que les directions de propagation dominantes sont comprises entre le secteur ENE et WNW. Elles représentent environ 90 % des observations (tableau 2 et fig. 7). Les houles du secteur W à SSW s'observent dans 4,8 % des situations et celles des secteurs ESE à E correspondent à 5,3 % du temps. Sur l'ensemble des observations, les hauteurs significatives maximales sont associées aux houles du secteur N à W. Les houles de hauteurs inférieures sont issues du secteur ESE à NNE.

Tableau 2 : Corrélation hauteur-direction de la houle mesurée en 1996 au port de Nouakchott

Direction	Hauteur de houles						Total en
	0/0.5	0.5/1	1/1.5	1.5/2m	2/2.5m	>=2.5	
N			1	7.5	5.4	2.6	16.5
NNW			1.8	6.9	2.5	0.2	11.3
NW			4.4	10.7	6.7	2.3	24.1
WNW		0.5	4.3	6.4	4.1	0.3	15.6
W			0.8	0.3		0.3	1.5
WSW			0.5	1			1.5
SW			0.5	0.2	0.5		1.1
SSW			0.2	0.3		0.2	0.7
ESE	0.5	1.1	0.7	0.2			2.5
E	0.8	0.2	1.5	0.3			2.8
ENE	0.3	3.1	5.6	1.3			10.3
NE	0.8	1.8	2.8	2.1		0.2	7.7
NNE	0.3	0.7	1	1.1		0.5	3.6
Autres							0.9
Total en	0	3.4	20.4	44.9	24.3	6.0	100

(Senhoury, 2000)

Figure 7 : Rose d'agitation pour l'année 1996

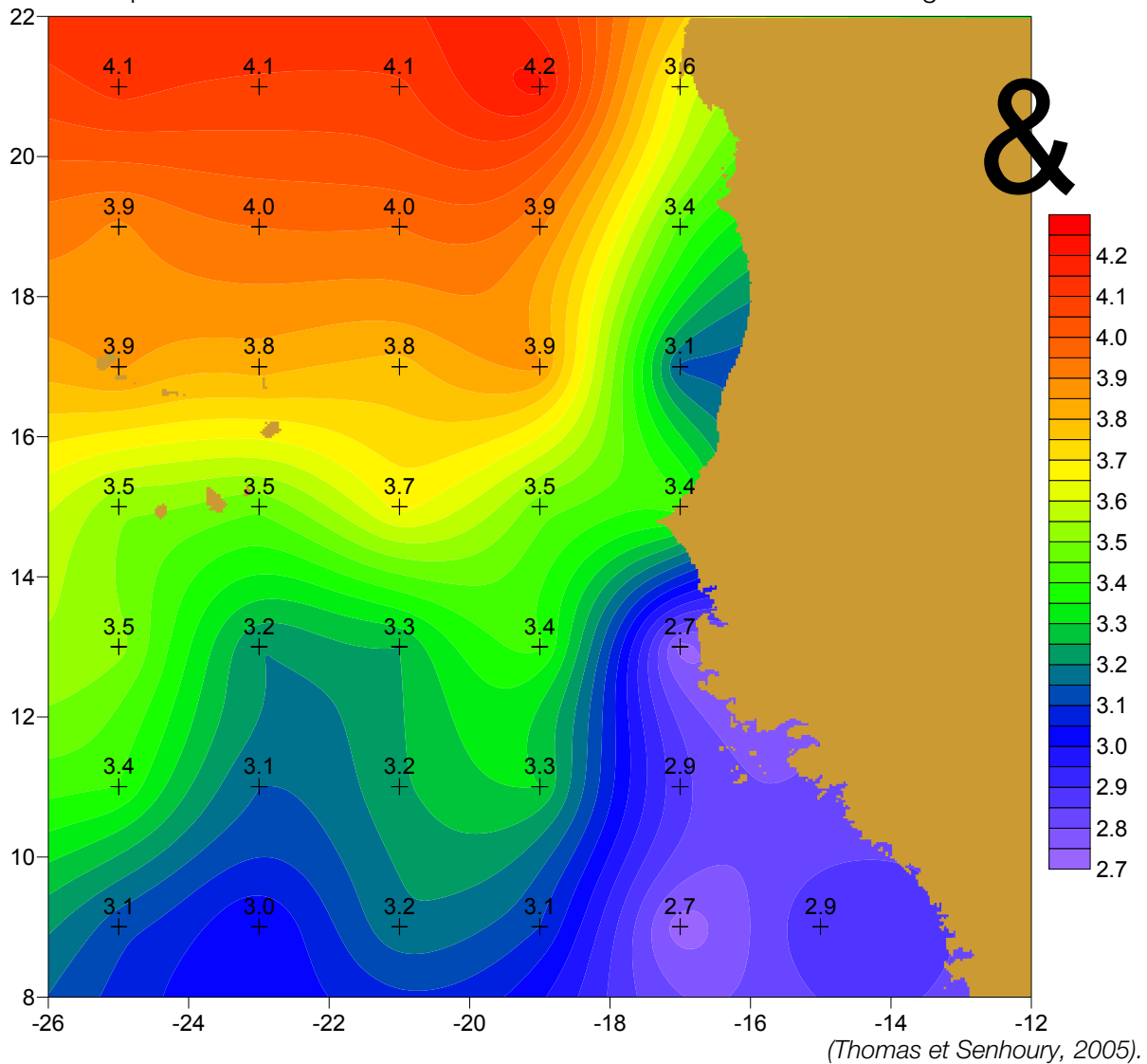


(Senhoury, , 2000)

Les valeurs extrêmes de l'agitation

Récemment, une étude de la hauteur significative des vagues au large de l'Afrique de l'Ouest a été réalisée dans le cadre de la composante « recherche scientifique » du Programme Régional de Conservation de la zone Côtière et Marine de l'Afrique de l'Ouest (PRCM). Cette étude a porté sur un secteur qui couvre la Mauritanie, le Sénégal, la Gambie, la Guinée Bissau, la Guinée et les Iles du Cap Vert (entre 8° et 22° nord et 12° et 26° ouest). Les données employées sont les enregistrements d'anomalie de hauteur de la surface de la mer (SSHA) issus de l'analyse du signal fourni par l'altimètre radar Topex embarqué sur le satellite Topex-Poséidon. L'estimation des vagues d'occurrence annuelle, décennale et centennale par fonction généralisée des valeurs extrêmes fournit des ordres de grandeur de 4,2 m, 5,4 m et 6,6 m au droit de la Mauritanie. Au droit et au Sud de Nouakchott les données indiquent des valeurs légèrement plus faibles (exemple pour les vagues d'occurrence annuelle voir figure 8).

Figure 8: Carte de l'estimation de la hauteur de la vague significative d'occurrence annuelle calculée à partir de la fonction GEV déterminée aux nœuds d'une maille régulière de 2° x 2°

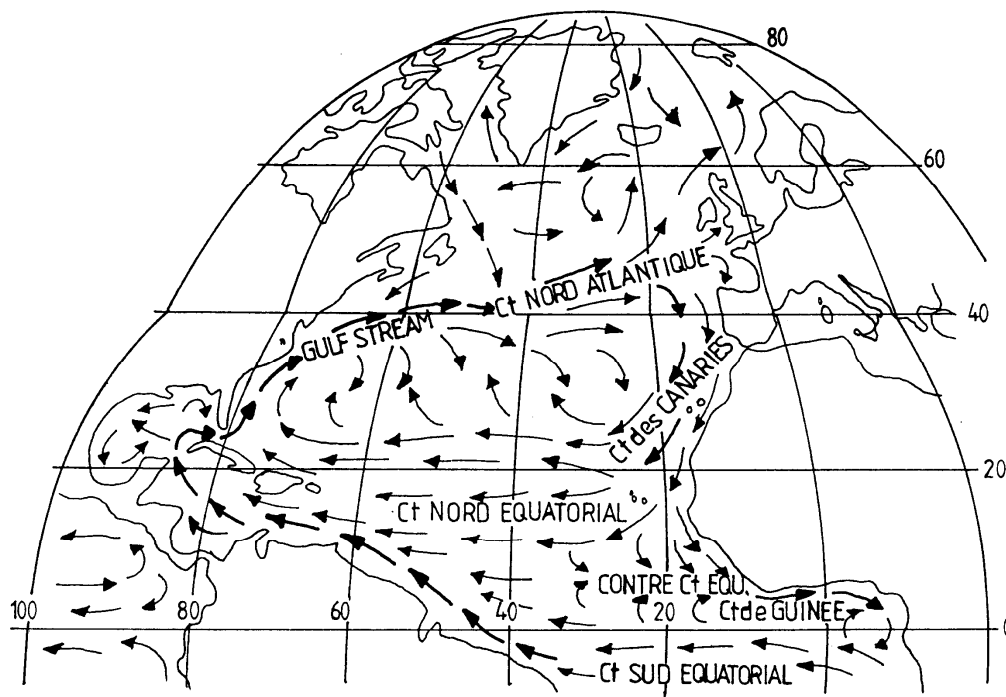


4. Les courants

La circulation générale

Le long des côtes de la Mauritanie, le régime de la circulation générale des masses d'eau est grossièrement calqué sur celui de la circulation atmosphérique. Un seul grand courant océanique longe la côte mauritanienne : le courant des Canaries. C'est un courant froid venant des régions tempérées, dont une branche bifurque vers l'Ouest au niveau du Cap-Blanc, au Nord de la Mauritanie, pour former le courant Nord-Equatorial qui baigne les côtes de la Mauritanie et du Sénégal (fig. 9). L'écoulement dominant vers le Sud, le long de la côte mauritanienne, est bien établi dans la littérature.

Figure 9 : La circulation océanique le long de la côte mauritanienne



(De Lanjamet, 1988)

La vitesse de ce courant est de l'ordre de 0,25 m/s (Mannevy, 1958 ; Emery *et al.*, 1974, in Barusseau, 1985) mais elle peut augmenter quand soufflent les alizés du Nord-Est (Hebrard, 1973). Ces alizés jouent également un rôle d'entraînement vers le large des eaux côtières et leur remplacement par des remontées d'eaux froides semi-profondes, très riches en éléments nutritifs : c'est le phénomène de l'upwelling. La durée d'un tel phénomène est étroitement associée à la persistance des alizés. Il est d'environ 9 mois à Nouakchott (Domain, 1979).

Les courants côtiers

Des mesures réalisées en 1954 le long des côtes mauritaniennes ont permis de préciser l'orientation et l'intensité des courants de marée. La vitesse maximale des courants à atteindre à proximité des côtes mauritaniennes est de l'ordre de 0,5 nœud, en direction du Sud (Source ?). L'EPSHOM (1981) signale en revanche des vitesses de courants atteignant 3,2 nœuds à l'entrée de la baie de Lévrier (an Nord du pays) et 3,5 nœuds à l'entrée de la Baie d'Arguin. La faible intensité relative des courants de marée est liée à l'amplitude des marées sur ce secteur côtier (marnage maximum de l'ordre de 1,66 m).

En dehors des périodes d'alizé, les courants sont plus irréguliers, pouvant se renverser sous l'influence de vents de secteur SO prolongés.

Compte tenu de leur intensité, les courants de marée ne joueront qu'un rôle minime dans les transports sédimentaires côtiers.

III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

3.1 DONNEES UTILISEES ET TRAITEMENTS

Plusieurs sources de données ont été utilisées dans le cadre de cette étude :

- Photographies aériennes de l'IGN France de 1980 ; elles ont été prises à une échelle de 1 : 20 000 et ont été scannées à une résolution de 400 dpi. Elles ont servi de référence car elles ont été acquises avant la construction du port au moment où la cinématique du trait de côte était très lente. Cependant ces photographies ne couvrent que la partie située au nord du port.
- Image satellitale SPOT panchromatique de 1987, elle couvre seulement la partie située entre le Wharf et le sud immédiat du port de l'Amitié, avec une résolution spatiale de 10 m.
- Image satellitale SPOT panchromatique de 1989, résolution spatiale de 10 m, elle garde la même extension spatiale que celle de 1987.
- Image Satellitale SPOT panchromatique de 1995, avec 10 m résolution spatiale, elle englobe toute la zone étudiée.
- Relevé du trait de côte en 1998 réalisé au DGPS sub-métrique qui concerne tout le littoral de Nouakchott
- Image satellitale SPOT panchromatique de 2002, résolution 10 m qui intéresse les secteurs situés entre l'Hôtel Ahmedi et le sud du port.
- Orthophotographies aériennes, prises en 2007 obtenues sous format numérique avec une résolution spatiale de 0,50 m. Leur emprise spatiale s'étend sur tout le littoral de Nouakchott.

Les différentes données de télédétection ont été soumises à des traitements numériques qui nous ont permis d'extraire des traits de côte.

Les photographies aériennes, après avoir été scannées, ont été transférées vers le logiciel de traitement en l'occurrence *Erdas Imagine®* pour être mosaiquées.

Le mosaïquage représente une opération d'assemblage d'images ou de scènes voisines issues du même capteur et prétraitées pour être jointes géométriquement et radiométriquement. La réalisation de la mosaïque requiert pour deux photographies possédant une zone commune, une rectification de l'une par rapport à l'autre (avec le choix de points de contrôle) telle que la superposition de deux pixels communs soit parfaite. Nous avons ainsi assemblé en une scène toutes les photos d'une même année.

Après le mosaïquage des photographies aériennes ont été géoréférencées pour assurer une superposition, nous avons utilisé comme référence les orthophotographies de 2007 (qui étaient déjà orthorectifiées et géoréférencées dans le système UTM, WGS 84, Z28N ;

Les images satellitales SPOT ont été également re-calées dans les mêmes systèmes que les photographies aériennes avec le logiciel *Erdas Imagine* pour assurer une meilleure superposition entre les données des différentes dates afin de pouvoir les comparer valablement.

Après la correction géométrique nous avons procédé pour certaines données à l'amélioration du contraste ensuite la digitalisation s'est faite sous le logiciel Arcview®. Elle consiste à restituer des objets de l'image sous forme vectorielle, par interprétation visuelle. Sur les images et photographies aériennes nous avons identifié les traits de côte et l'occupation du sol.

La dynamique du trait de côte a été mesurée à partir de la superposition des digitalisations de la ligne de référence pour les différentes années.

3.2 INDICATEURS CHOISIS

Le choix de la position de référence du trait de côte s'est porté sur la limite d'humectation ou wet/dry. Celle-ci a pu être aisément identifiée sur les photographies aériennes ; au niveau des images satellitales sa détermination est fonction de la résolution des images. La Figure 10 montre le positionnement de la ligne de référence choisie sur les photographies et les images des différentes années.

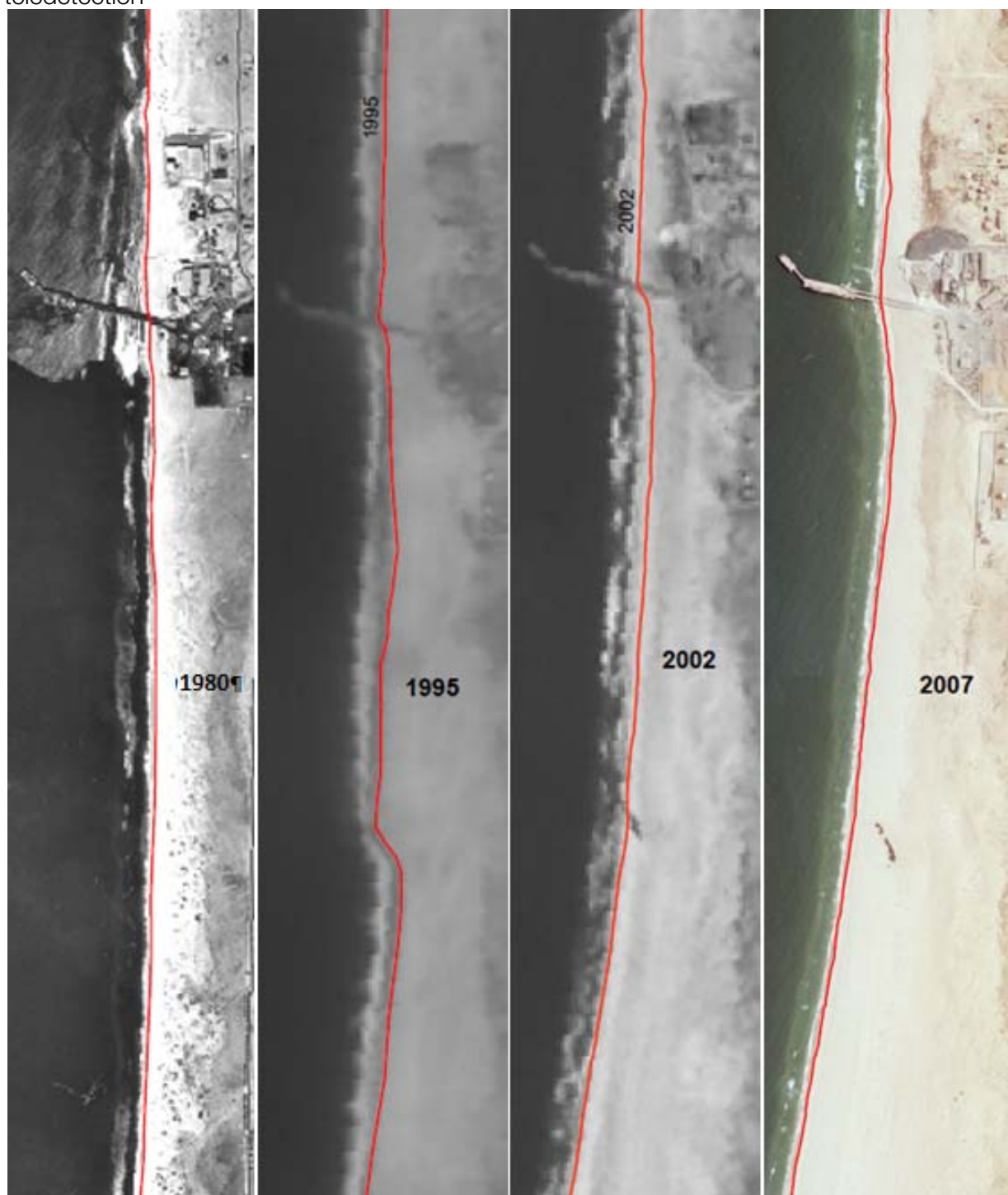
La photographie aérienne de 1980 permet l'identification de la ligne instantanée de rivage, la zone de saturation et la ligne des pleines mers.

Les images SPOT de 10 m permettent d'observer de par leur contraste la limite d'humectation.

Au niveau des orthophotographies de 2007, la résolution permet de distinguer différents indicateurs de lignes de rivage, on distingue à plusieurs endroits les microfalaises qui marquent la limite supérieure atteinte par les hautes mers.

La ligne de rivage de 1998 a été définie en suivant au GPS de précision centimétrique la limite d'humectation basée sur l'observation visuelle.

Figure 10 : Représentation de la ligne de référence sur les différentes données de télédétection



1980 : photographie aérienne IGN, 1995 et 2002 images SPOT, 2007 orthophotographies.

3.3 TECHNIQUE DE POSITIONNEMENT DE LA LIGNE DE REFERENCE

Le positionnement du trait de côte est basé sur l'interprétation visuelle à partir des images satellitales et des photographies aériennes sous format numérique. La ligne de référence définie est déterminée par appréciation en fonction des contrastes observés sur les images. Elle est tracée ou digitalisée de façon manuelle à l'aide de l'ordinateur avec le logiciel SIG ArcView sous forme d'une couche vectorielle en implantation linéaire. Un trait de côte est ainsi obtenu pour chaque image ou photographie aérienne.

Cette méthode est simple mais sa précision est liée à la résolution des images et des photographies ainsi que leur qualité mais aussi de l'appréciation du photo-interprète.

3.4 METHODE DE CALCUL DE L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE

L'évolution du trait de côte a été mesurée par une méthode automatique grâce au logiciel *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, qui est une extension développée par l'USGS utilisée avec le logiciel ArcView 3x ou ArcGIS (cf. Thieler et al. 2009). Les différentes lignes de référence digitalisées avec Arcview ont été figurées par rapport à une ligne de base (baseline) dans le même projet, un identifiant unique est attribué à chacune d'elles.

Les changements sont calculés suivant des transects perpendiculaires aux traits à comparer et tracés à intervalles réguliers de 50 m le long du secteur étudié. Les transects ainsi réalisés permettent de mesurer à la fois l'évolution entre les lignes de référence représentant deux ou plusieurs dates successives mais aussi les changements entre les dates extrêmes.

Les résultats de ces différentes mesures qui indiquent les distances entre les points d'intersection des transects et les taux d'évolution entre les traits de côte sont matérialisés dans le projet ArcView et sont consignés dans des tables attributaires.

Ainsi, l'appréciation de la vitesse et la cartographie des taux d'évolution du littoral s'appuie sur l'analyse et l'interprétation de données contenues dans les tables attributaires générés par l'application DSAS. Les indices proposés par cette application traduisent l'évolution temporelle du trait de côte : l'indice EPR (End Point Rate) permet d'évaluer l'évolution entre deux traits de côte successifs et l'indice LR (Linear Regression) d'estimer les taux d'évolution des différents traits de côte sur l'ensemble de la période d'observation.

Le traitement des tables permet d'individualiser des tronçons ou des segments du littoral homogènes c'est-à-dire ayant enregistré les mêmes tendances d'évolution.

Les taux d'évolution qui correspondent à aux segments mis en évidence ont été moyennés pour cartographier l'évolution multitemporelle de la position des traits de côte pour chaque tronçon.

3.5 ESTIMATIONS DE LA MARGE D'ERREUR

Plusieurs sources d'erreurs peuvent entacher la précision du positionnement de la ligne de référence et partant la fiabilité des mesures de l'évolution des traits de côte.

On note d'abord des erreurs dues au géoréférencement des images et des photographies aériennes. Celles-ci peuvent être survenir surtout en cas d'absence de points de contrôle permanents le long de la zone côtière.

Une autre source d'erreur est liée à l'appréciation du trait de côte et sa digitalisation. Elle est fonction de la résolution des images qui peut entraîner d'importantes erreurs, de leur qualité et des paramètres hydrodynamiques du moment de l'acquisition qui conditionnent l'appréciation de la limite instantanée d'humectation. Le type d'indicateur choisi peut également être source d'erreur et /ou de confusion.

Dans ces conditions nous avons estimé que la marge d'erreur peut atteindre 25 m surtout pour les images satellitales dont la résolution est de 10 m. Nous avons représenté cette marge autour de chaque ligne de référence. Notons que les erreurs peuvent être variables selon la morphologie du littoral et être très importantes si l'on compare des données issues de sources différentes.

IV. EVOLUTION DIACHRONIQUE DE LA POSITION DU TRAIT DE CÔTE

L'analyse de l'évolution diachronique de la position du trait de côte sera limitée par le fait que les différentes lignes de référence ne couvrent pas systématiquement le même linéaire. Malgré cela elle permettra de comprendre la variabilité spatiotemporelle de la cinématique du littoral de Nouakchott.

La comparaison entre les traits de côte entre 1980 et 1987 met en évidence l'impact de la construction du port sur la configuration du littoral de Nouakchott. Bien que les deux lignes de références soit séparées par une période de 7 ans, on peut considérer que la dynamique observée s'est faite sur deux années. Car avant la construction du port de Nouakchott en 1985 et du mur de blocage du sable en 1986, la côte était pratiquement rectiligne et sa dynamique était très lente. Durant cette très courte période la zone située au nord du port a enregistré une progradation moyenne entre 10 et 11m/an tandis que le sud immédiat du port a connu une érosion de l'ordre de -1,5 m/an. Cependant comme on l'a noté, ces moyennes traduisent mal l'évolution réelle depuis la mise en place des infrastructures portuaires. La figure 11 présente l'évolution du trait de côte entre 1980 et 1987. Le taux moyen d'évolution est obtenu par la division des écarts constatés entre les deux lignes de référence par le nombre d'années séparant les deux dates. La partie droite de la figure 11 montre le volet statistique qui est cartographié à partir des tables générées par le DSAS comme on l'a expliqué plus haut.

NB. Les figures de cette section se trouvent à la fin du texte

L'évolution littorale entre 1987 et 1989 montre une grande disparité de la cinématique du trait de côte (figure 12). Au nord du port, dans le voisinage immédiat de celui-ci, on note une importante sédimentation qui a atteint 44,3 m durant la période d'observation. Plus au nord, vers la zone industrielle du wharf, on constate plutôt une érosion moyenne de 5,4 m/an au sud immédiat de l'épave du bateau « Walter » (photo 8) qui s'est échoué en 1981 et qui a joué pendant quelques années le rôle d'un brise lames avant qu'il ne soit affecté par l'impact du port. La période 1987-1989 correspond à la période de saturation de l'épave et du contournement de celui-ci par les sédiments. L'érosion constatée dans la zone entre le Walter et le Warf est donc un phénomène local circonscrit dans le temps en relation avec l'ensablement du bateau Walter.

Au nord du wharf, on constate une progradation de l'ordre de 3,4 m par an.

Dans la partie située au sud du port, on enregistre un démaigrissement continu de la plage. Le recul moyen est de 18,9 m/an à proximité du port et de 9,8 au sud de la digue de protection, durant la période d'observation. Le secteur le plus proche de l'épi est ainsi plus érodé que la partie située plus au sud.

Photo 8 : Vue de l'épave entre le wharf et le port ; à gauche photo trouvée sur google earth-panoramio- à droite orthophotographies de 2007



Entre 1989 et 1995, la cinématique du littoral montre deux tendances opposées entre le nord et le sud du port (figure 13). Au nord, dans le secteur du wharf, on note une avancée de la plage de l'ordre de 42,4 m, soit une moyenne d'environ 6,05 m/an. La sédimentation devient plus importante quand on s'approche du port où la moyenne atteint 18,8 m/an. Notons toutefois que c'est dans cette période que l'épi au sud du port a été construit pour protéger les installations portuaires contre l'érosion. Ainsi entre le port et l'épi le trait de côte semble se stabiliser.

Au sud immédiat de l'épi le recul a atteint 168,2 m, soit en moyenne -24,02 m/an. L'érosion devient moins forte quand on s'éloigne de l'épi, elle est en moyenne de -8,4 /an au sud de la digue de protection.

La cinématique littorale entre 1995 et 1998 montre que les tendances de l'évolution constatée durant la période précédente se poursuivent au voisinage du port de l'amitié (figure 14). Une avancée moyenne du trait de côte de 15,9 m/an au Nord du Port et une érosion moyenne significative de 23m/an au sud de celui-ci sont constatées.

On note, par ailleurs, un recul important du littoral situé au nord du port. Dans les environs de l'hôtel Ahmedi, on note un recul de 11,8 m soit une vitesse moyenne de -2,9 m par an. Il existe également un autre secteur qui a connu un net recul et qui se situe dans la zone industrielle du wharf. On y relève un recul de 24,8 m soit un taux moyen de 6,2m/an. Ces reculs sont probablement l'effet de la dynamique naturelle du trait de côte loin de tout aménagement perturbateur de la dynamique sédimentaire comme le port de Nouakchott.

L'évolution récente du littoral entre 2002 et 2007 met évidence trois secteurs aux dynamiques variables (figure 15). La partie Nord du littoral comprise entre la plage de Tergit et le wharf enregistre un engraissement de l'ordre de 4,07 m par an tandis que celle comprise entre le port et le wharf montre une progradation de l'ordre de 12,13 m/an. Au sud de l'épi le recul enregistré est en moyenne de 9,7 m/an. Cette accumulation dans tout le secteur nord peut être le résultat des différentes mesures de protection contre l'érosion, entreprises ces dernières années par les différentes institutions qui agissent dans ce secteur. Le Plan Directeur d'Aménagement du Littoral Mauritanien (PDALM) adopté en 2005 et qui se veut un cadre de réglementation des activités à proximité de la côte a mis en

œuvre plusieurs directives pour la sauvegarde de l'environnement littoral. Le Ministère de l'environnement à travers le Projet Adaptation au Changement Climatique dans la zone Côtière Afrique de l'Ouest a mis en place dans ce secteur sa zone pilote où plusieurs actions de rehaussement et de protection du cordon dunaire sont entreprises (clayonnage, fixation mécanique des dunes, etc ;). Plusieurs organismes dont l'IUCN participent au Projet de Végétalisation du cordon dunaire du littoral de Nouakchott situé entre le marché aux poissons et le wharf, etc ; Notons dans cette période que l'effet de l'épave Walter a complètement disparu car elle s'est retrouvée totalement incluse dans la plage.

L'évolution sur l'ensemble de la période d'observation (entre 1980 et 2007) calculée par régression linéaire ne fait pas apparaître les tendances partielles notée entre les différentes dates successives. Le premier constat que l'on peut faire, c'est que l'évolution majeure du littoral est essentiellement liée à l'existence du port de Nouakchott. Au nord du port, on constate une progradation dont le rythme ou le taux s'accélère quand on s'approche du port. Au niveau de la zone du wharf, la moyenne est de 4,84 m /an, tandis que dans le secteur situé entre le wharf et le port la vitesse d'accumulation moyenne est de 19,32m /an.

Au sud du port, par contre, la tendance est toujours la même et l'érosion est très marquée, le recul de la ligne de rivage atteint 24,11 m /an en moyenne dans le voisinage de l'épi.

Soulignons que la méthode de calcul que nous avons utilisée donne des résultats différents, et en général, inférieurs à ceux calculés de façon manuelle ou trouvés par d'autres auteurs qui ont travaillé dans la zone. En effet si on calcule l'évolution du trait de côte en mesurant la distance entre les points extrêmes et en la divisant par le nombre d'années qui séparent les deux dates, on retrouve globalement les mêmes résultats que ceux que l'on trouve dans la littérature (Senhoury 2000, Wu, 2003, etc.).

Néanmoins la cinématique du trait de côte combinée à la topographie de la ville de Nouakchott indique que la situation est préoccupante surtout dans le contexte des changements climatiques et de l'élévation du niveau marin même si cette dernière aura un impact moindre que celui induit par les infrastructures portuaires. La tendance actuelle implique un ensablement des installations portuaires dans une quinzaine d'années. Dans la zone située au nord du port l'inquiétude se situe au niveau des brèches. La partie sud où la ligne de rivage continue de régresser nécessite une attention particulière car le quartier d'El Mina est directement menacé par les eaux de mer en l'absence de nouvelles mesures de protection. L'impact du port se fait également sentir plus au sud (jusque 30 km) et dans cette partie toute rupture du cordon entrainerait une inondation de la ville par *l'Aftout Saheli*.

Du point de vue socio-économique les zones habitées les plus menacées par la submersion sont principalement les quartiers de Sebkha, d'El Mina-nord et de Riyad, ainsi que la partie occidentale de Tévrigh Zeina et on remarque que les quartiers périphériques gagnent de plus en plus sur le domaine littoral, ce qui augmente encore les risques littoraux. La carte des aléas de submersion montre qu'une grande partie de la ville se trouve à une altitude voisine de 1m. Or si nous considérons le niveau maximum de la marée qui peut atteindre 2 m, l'élévation prévisible du niveau moyen de la mer ainsi que les événements exceptionnels, nous pouvons avoir un niveau marin qui pourrait dépasser les 3 m, ce qui suffirait pour franchir plusieurs brèches situées sur le cordon dunaire et le sud du port et envahir ainsi la ville avec des conséquences désastreuses.

V. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES RESULTATS

Sites d'étude	Segments de plage		Tendance évolutive	Vitesse moyenne (m/an)	Causes probables	Conséquences socio-économiques
Littoral de Nouakchott	Littoral nord	Hôtel ahmedi-wharf	Progradation	1,7 m/an	Impact du port de l'Amitié Transit sédimentaire important	Abandon du wharf, menace sur le cordon littoral
		Wharf-port de l'Amitié	Progradation	19,32 m/an	Conditions hydrodynamiques naturelles et impact du mur de blocage du sable du port de l'Amitié	Risque d'ensablement des infrastructures portuaires
	Port-épi		Progradation	0,7m/an	Influence de l'épi, relative stabilisation de la zone	Menace de destruction des infrastructures portuaires
	Littoral sud	Sud immédiat de l'épi	Recul du trait de côte	-24,11m/an	Conditions hydrodynamiques, blocage du transit sédimentaire au nord	Menace de destruction du port et de submersion de la ville par la destruction de la digue de protection
		Sud de la digue de protection	Recul du trait de côte	-18,7m/an	Influence des installations portuaires, conditions hydrodynamiques	Inondation de la ville, de la commune de sebkha, par la dépression d'Aftout sahéli.

*le trait de côte choisi est la (limite instantanée d'humectation)

VI. PERSPECTIVES

Plusieurs axes peuvent être poursuivis pour les travaux :

6.1 SUIVI DE LA MORPHOLOGIE DU SITE

Pour que ce site puisse continuer à servir d'étude de cas, il est nécessaire que des campagnes régulières de suivis morphologiques du site soient réalisées avec une fréquence régulière.

Ces campagnes de suivis consisteront :

- Au levé avec GPS de navigation du trait de côte, tous les six mois au minimum
- Au levé topographique par GPS différentiel de la bande côtière sur une largeur de 500m à 1000m et ce sur un linéaire de 40 kms (dont 25kms au Sud du Port de l'Amitié), tous les ans au minimum.

Ces levés devront également matérialiser toute nouvelle mise en valeur sur cette bande (ouvrages, clôtures, bâtiments, prélèvements, ...).

Le budget nécessaire pour assurer ce suivi est d'environ 10.000 euros par an.

6.2 SUIVI DES AGENTS HYDRODYNAMIQUES

Il s'agit de mettre en place les équipements nécessaires pour mesurer les paramètres suivants :

- Houle près de la côte (par mouillage d'un à deux capteurs de pression)
- Courants sur les sites les plus mobiles (par mouillage d'un courantomètre ADCP)
- Marée (par mise en place d'un marégraphe)

Ces appareils devront être mouillés dans des sites sécurisés en étroite collaboration avec les autorités portuaires. Une équipe bien formée devra être chargée d'assurer le suivi des matériels ainsi que le téléchargement et le dépouillement des données.

De fréquents prélèvements d'échantillons de sable pourront être réalisés aux endroits à forte mobilité de côte, afin de constituer une base de données sur les matériaux charriés. Un budget de 100.000 euros environ sera nécessaire pour la mise en place des équipements. Une provision annuelle d'environ 12.000 euros sera nécessaire pour en assurer le suivi

6.3 MODELISATIONS NUMERIQUES

Les données existantes, enrichies par les données qui seront recueillies ultérieurement constitueront une base de données importante à mettre à la disposition des chercheurs pour effectuer des calages de modèles numériques.

Ces modèles numériques pourront être appliqués ensuite de manière plus fiable à d'autres sites du littoral de l'Afrique de l'Ouest.

Figure 12 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1987 et 1989

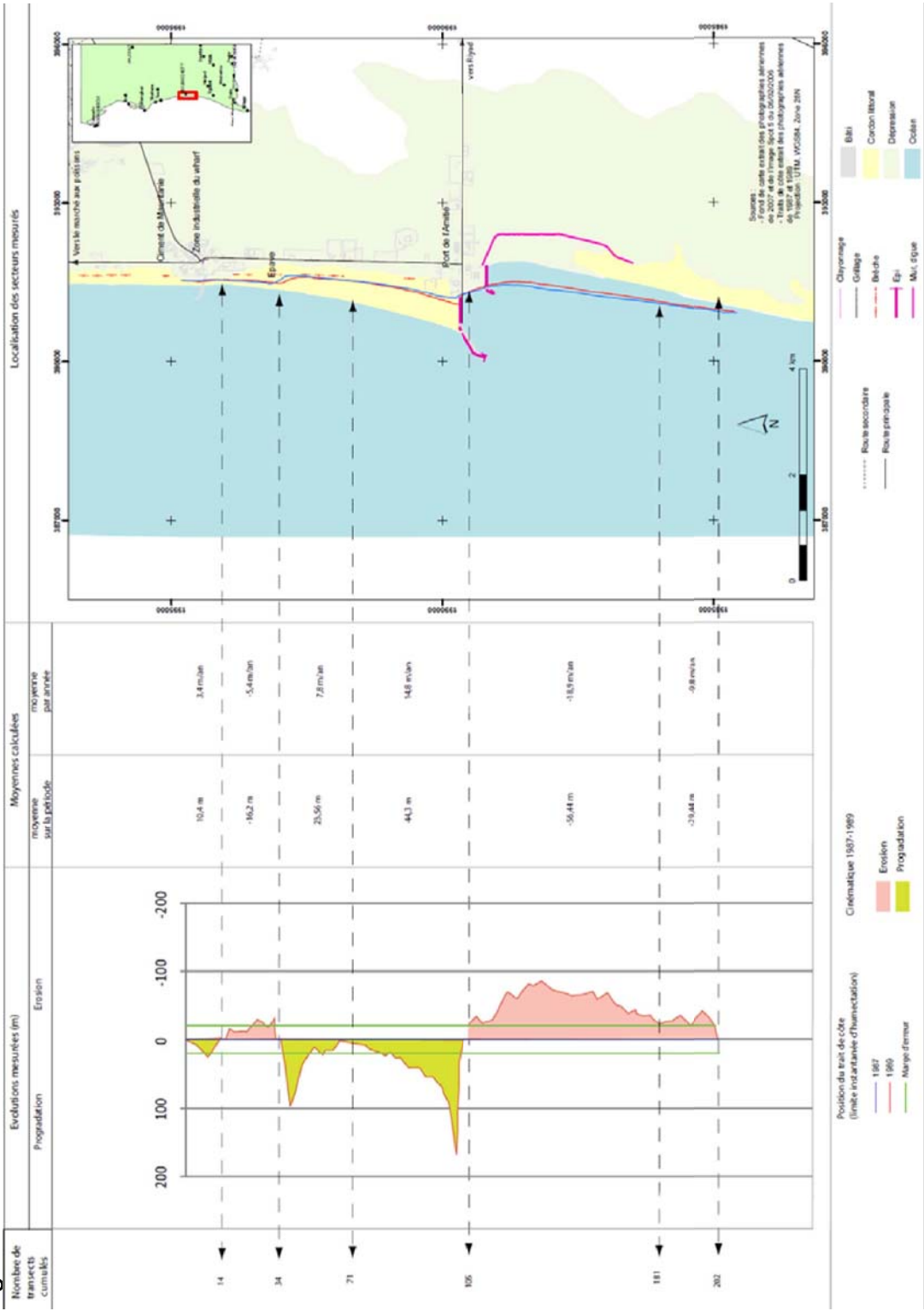


Figure 13 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1989 et 1995

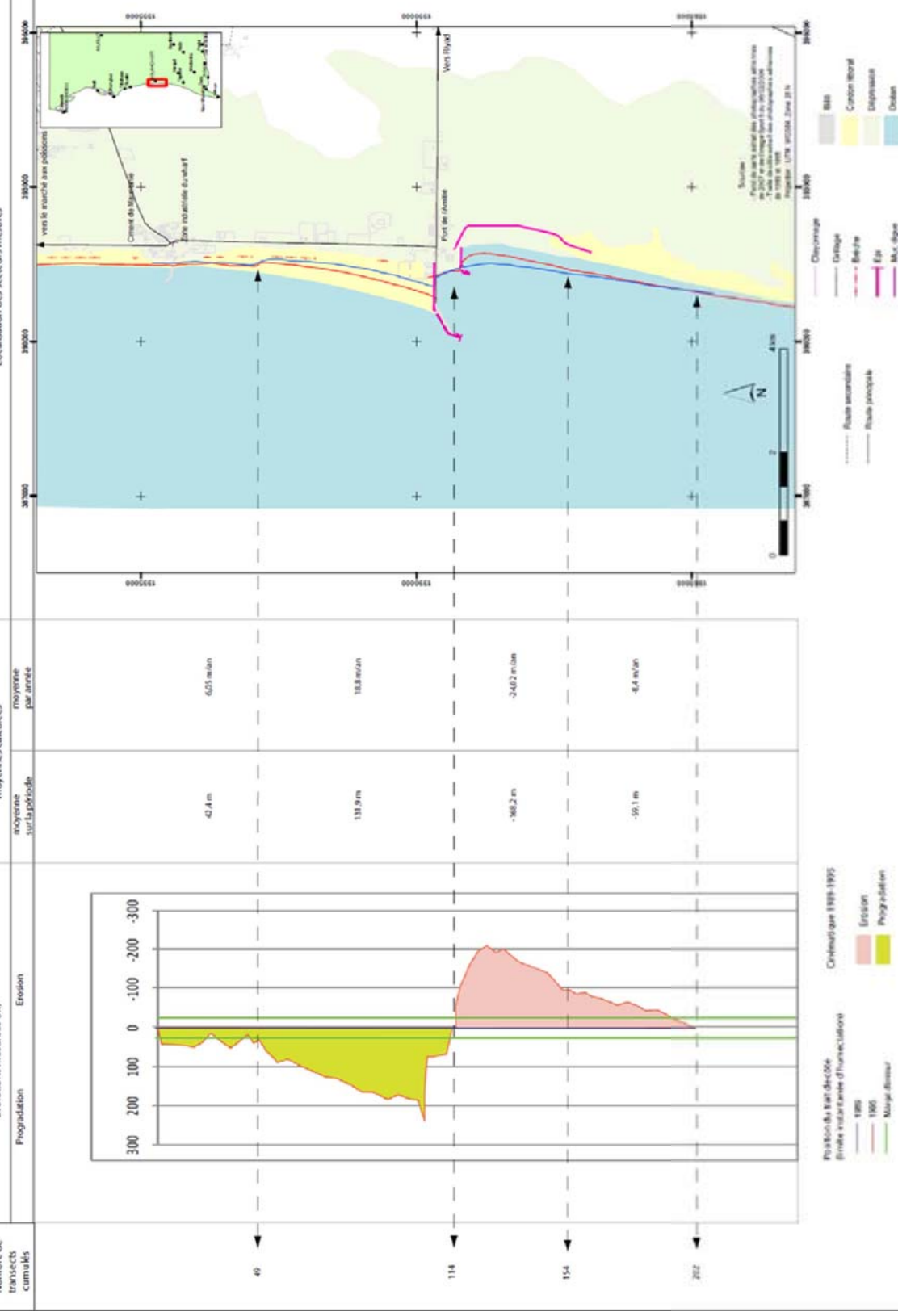


Figure 14 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1995 et 1998

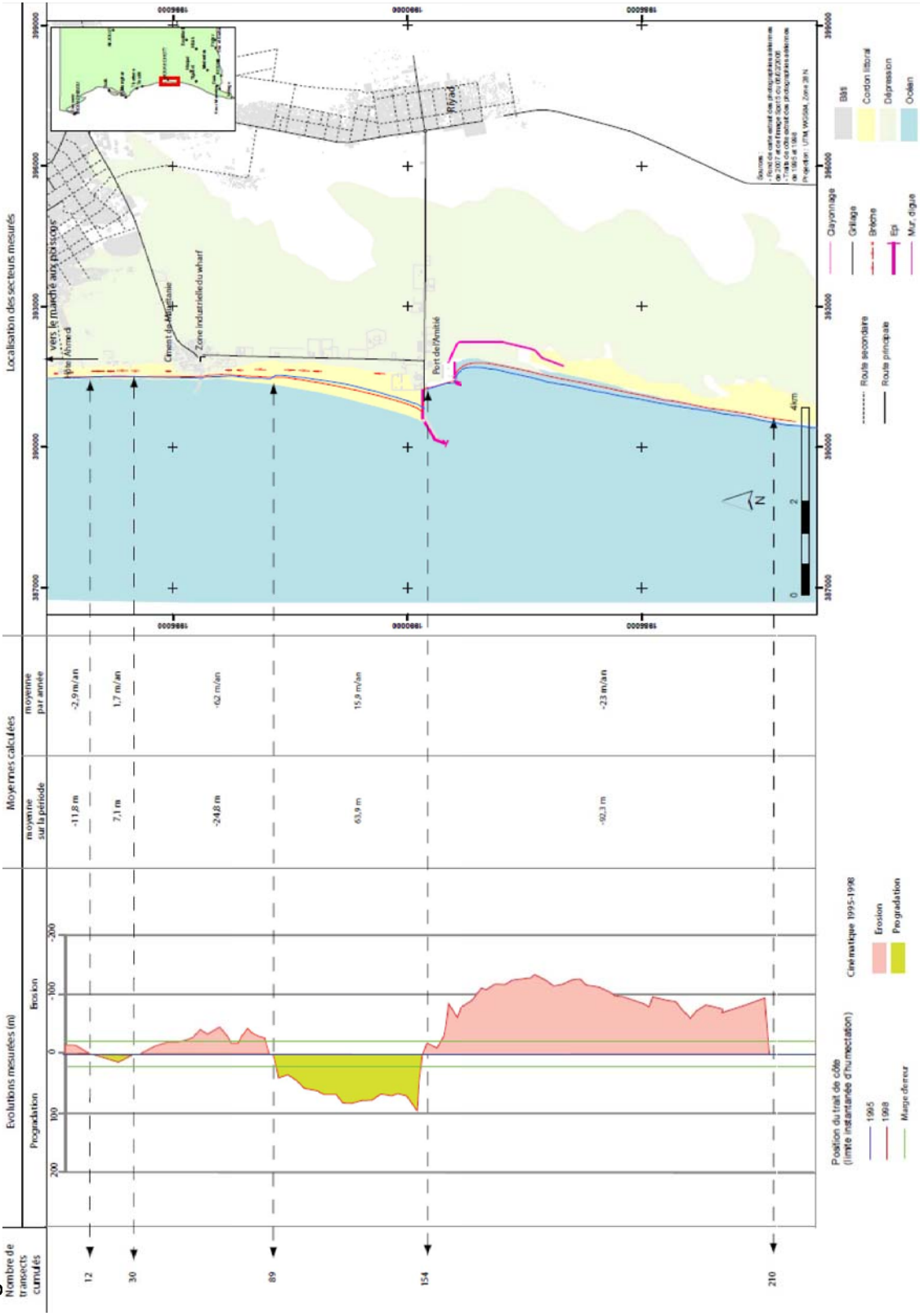


Figure 15 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 2002 et 2007

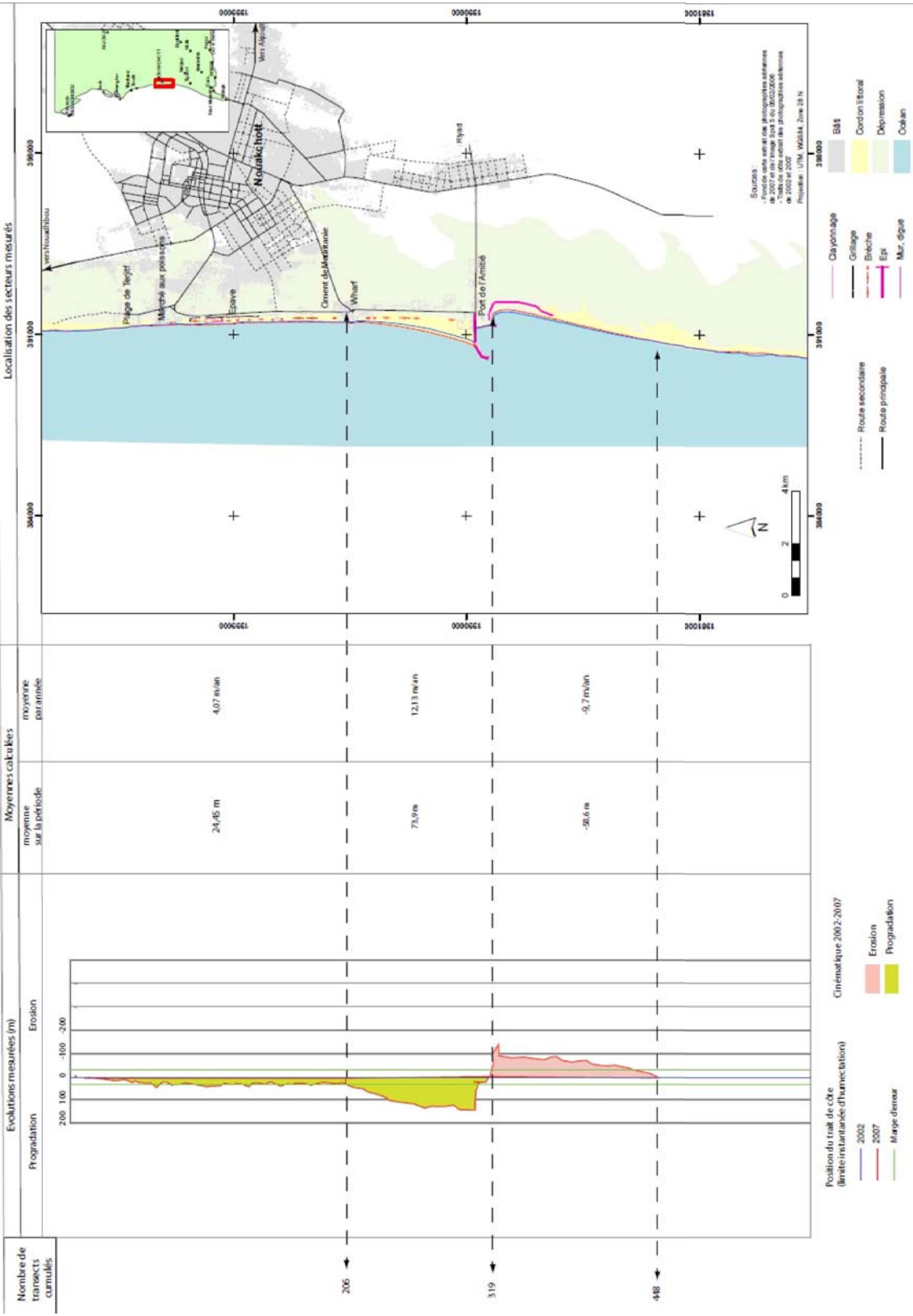
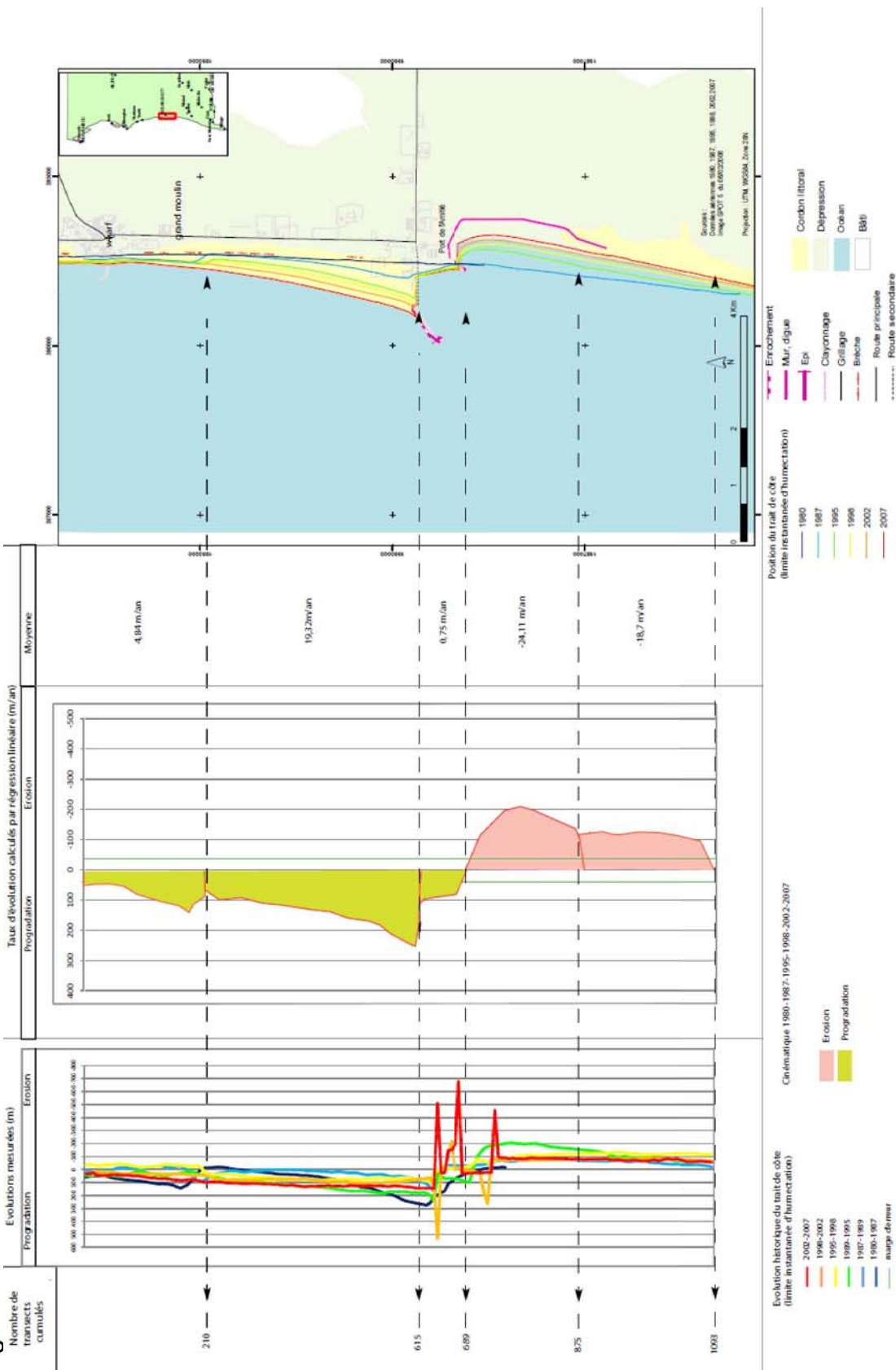


Figure 16 : Taux d'évolution du littoral de Nouakchott entre 1980 et 12007



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARUSSEAU J.-P. (1985) - Evolution de la ligne de rivage en République Islamique de Mauritanie. UNESCO, division des Sciences de la Mer. 104 p.
DE LANJAMET I. (1988) - La grande plage mauritanienne. Centre Culturel Français de Nouakchott.

DOMAIN F. (1979)- Le satellite Météosat et l'océanographie : étude des températures de la mer au voisinage des côtes de Mauritanie et du Sénégal, ORSTOM, Paris, 43 p.

SENHOURY, A. E (2000) Influence d'un ouvrage portuaire sur l'équilibre d'un littoral soumis à un fort transit sédimentaire, l'exemple du port de Nouakchott. Thèse de Doctorat. Université de Caen.

IRC-CONSULTANT & SAINT MARTIN PAYSAGE (2004) : Etude de l'environnement aux abords de Nouakchott. Programme de Développement Urbain de Nouakchott – PDU. Nouakchott. 189 p.

GRESARC (2006) – Cartographie des risques d'inondation de Nouakchott. Rapport d'études, 39 pages.

HEBRARD L., 1973. *Contribution à l'étude géologique du quaternaire du littoral mauritanien entre Nouakchott et Nouadhibou. Participation à l'étude des désertifications du Sahara.* Thèse de l'Université de Lyon. 483 p.

OULD MOHAMEDEN A. (1995) - Aménagement et évolution du littoral, Apports de la télédétection et de la modélisation mathématique: cas du port de Nouakchott (Mauritanie). Thèse. Université de Nice, 149 p.

THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., AND ERGUL, AYHAN, 2009, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278

THOMAS Y.F ;A. Senhoury (2005) : ATLAS de la hauteur significative des vagues au large du littoral d'Afrique de l'Ouest. Rapport d'Etudes CNRS & PRCM. 12 p.

WU, C., 2003. Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides. Exemple de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest.

METADONNEES

IDENTIFICATION	Titre : Evolution du littoral de Nouakchott : caractérisations et risques associés
	Résumé: le littoral de Nouakchott, caractérisé par une côte sableuse aride et ventée qui connaît un transit sédimentaire important, est fragilisé par la mise en place des infrastructures portuaires et le développement Urbain. La ville de Nouakchott qui renferme le 1/3 de la population et dont l'altitude est souvent en dessous du niveau de la mer est séparée de la mer par un mince cordon dunaire qui est fortement menacé par l'érosion littorale. Les risques de submersion de la ville sont réelles et l'analyse diachronique de l'évolution du trait de côte montre qu'une bonne partie du littoral connaît une importante érosion qui se traduit par un net recul au sud du port de l'ordre de 25m/an (ce qui constitue une menace pour les quartiers environnants). Au nord du port, on note une importante progradation (en moyenne 35 m/an) qui à terme pourrait provoquer l'ensablement des installations portuaires. La maîtrise ou la gestion de l'érosion littorale et l'adaptation aux changements climatiques conditionnent la survie de la ville de Nouakchott.
	Thème(s): suivi du littoral de Nouakchott
	Mots-clés : Erosion littorale, trait de côte, cordon dunaire, risque de submersion, Nouakchott, Mauritanie
	Langues: Français
	Auteur(s): irc-consultant
	Contact(s) : irc_consultant@yahoo.fr , irc_carto@yahoo.fr
	Type des données (jeu, collection) : Données de télédétection (photographies aériennes et images satellitaires), levées topographiques, données climatiques
	Format des données : numériques, alphanumériques, vecteurs et rasters
	Date de création : Juin 2010
	Date de dernière modification: Aout 2010
	Fréquence de mise à jour : selon la nécessité
	Période de validité des données : 2010
	Status (progression) : en cours
	Contraintes d'accès
	Contraintes d'utilisation

ORGANISATION ET CONTENU	Type de représentation spatiale: cartes
	Type d'objet vectoriel : Ponctuel, linéaire et surfacique
	Présentation topologique (V/F)
	Description générale du contenu : Il s'agit de plusieurs cartes représentant l'évolution du trait de côte du littoral de Nouakchott et l'occupation du sol à des dates différentes
	Description des attributs :
LOCALISATION	Echelle du jeu de données : 1: 50 000
	Extension géographique : Zone située entre la plage de tergit et le sud du port, coordonnées XY 391286- 2004793 et 394560 - 2004793 au nord et 390248 -1979542 et 394248-1979542 sud
	XY 391286- 2004793 et 394560 - 2004793 <i>Nord</i>
	390248 -1979542 et 394248-1979542 <i>Sud</i>
	<i>Est</i>
	<i>Ouest</i>
	Système de coordonnées géographiques : Lat/long WGS 84
	Système de coordonnées projetées: UTM WGS84 Z28 Nord
	Ellipsoïde de référence: WGS 84
QUALITE	Précision spatiale : elle varie de 20 à 0,5 m
	Précision temporelle : de 1980 à 2007 à raison d'une donnée tous les 7 ans en moyenne, il existe des intervalles de 2 , 5 de 6, de 7 ans,,,
	Précision sémantique: 17 objets ont été utilisés dans la cartographie mais plusieurs autres ont été identifiés
	Exhaustivité: 70%
	Sources : Digitalisation à partir de données de télédétection et levés topographiques
DISTRIBUTION	Format de données : numérique
	Version : 01
	Taille : 22 Mo
	Contact distributeur : irc_carto@yahoo.fr
METADONNEES	Nom : notice
	Date de création : Juin 2010
	Dernière date de modification : 18 Aout 2010
	Langue : Français
	Nom du standard de métadonnées : ISO 19115
	Auteur(s) : irc-consultant

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Photo1 : vue aérienne des abords du port de Nouakchott en 1991	4
Figure 1 : Présentation de la zone étudiée.....	7
Figure 2: Coupe schématique de l'Aftout	8
Photo 3 : Quartiers précaires inondés dans la sebkha, juin 2005(a) et à la SOCOGIM Plage, septembre 2009(b).....	9
Figure 3 : Image SPOT 2000.....	10
Photo 4 : Cordon littoral au Nord de la plage des pêcheurs	10
(F. Levoy)	10
Photo 5 : l'une des brèches du cordon littoral entre le Wharf et la plage des pêcheurs	11
Photo 6 : le cordon littoral entre le Wharf et le Port	12
Photo 7 : Destruction totale du cordon dunaire à cause de l'ouvrage portuaire au Sud du Port.....	13
Figure 4 : Carte d'occupation du sol du littoral de Nouakchott.....	15
Figure 5 : Cartographie des risques de submersion de Nouakchott	17
Tableau 1 : Directions et vitesses des vents observés au port de Nouakchott pour l'année 1996	18
Figure 6 : Rose des vents au port de Nouakchott (Année 1996).....	18
Tableau 2 : Corrélation hauteur-direction de la houle mesurée en 1996 au port de Nouakchott	20
Figure 7 : Rose d'agitation pour l'année 1996.....	20
Figure 8: Carte de l'estimation de la hauteur de la vague significative d'occurrence annuelle calculée à partir de la fonction GEV déterminée aux nœuds d'une maille régulière de 2° x 2°	21
Figure 9 : La circulation océanique le long de la côte mauritanienne.....	22
Figure 10 : Représentation de la ligne de référence sur les différentes données de télédétection	26
Photo 8 : Vue de l'épave entre le wharf et le port ; à gauche photo trouvée sur google earth-panoramio- à droite orthophotographies de 2007.....	30

Figure 11. Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1980 et 1987	35
Figure 12 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1987 et 1989	36
Figure 13 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1989 et 1995	37
Figure 14 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 1995 et 1998	38
Figure 15 : Evolution de la limite instantanée d'humectation du littoral de Nouakchott entre 2002 et 2007	39
Figure 16 : Taux d'évolution du littoral de Nouakchott entre 1980 et 2007	40

