

UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

FACULTÉ DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES



DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

MÉMOIRE DE MASTER II

Option : Milieu Naturel et Science de la Terre

**« ESSAI CARTOGRAPHIQUE ET ANALYSE DE L'ÉROSION
MARINE A ANJOUAN »**



Présenté par :

DAMIR Houmadi

Sous la direction de Monsieur : **James RAVALISON**, Professeur

12 Janvier 2016

UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

FACULTÉ DES LETTRES ET SCIENCES HUMAINES

DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

MÉMOIRE DE MASTER II

Option : Milieu Naturel et Science de la Terre

**« ESSAI CARTOGRAPHIQUE ET ANALYSE DE L'ÉROSION
MARINE A ANJOUAN »**

Présenté par : DAMIR Houmadi

Président du jury : Josélyne RAMAMONJISOA, Professeur Emérite

Rapporteur : James RAVALISON, Professeur

Juge : Mparany ANDRIAMIHAMINA, Maître de conférences

12 Janvier 2016

REMERCIEMENTS

Nous voudrions tout d'abord remercier Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

Toutefois, la réalisation de ce document n'aurait pas ainsi abouti sans l'aide, à des degrés divers des certaines personnes envers lesquelles nous éprouvons de profonds sentiments de reconnaissance. Nous remercions :

- 1- Mme Josélyne RAMAMONJISOA, Professeur Emérite au département de Géographie, de bien vouloir présider cette soutenance malgré ses nombreuses préoccupations.
- 1- Mr Mparany ANDRIAMIHAMINA, Maître de conférences au département de géographie, qui malgré ses multiples et nobles occupations, a bien voulu faire parti des membres du jury et a accepté d'examiner ce mémoire.
- 1- Monsieur James RAVALISON, Professeur au département de géographie qui, malgré ses multiples occupations a accepté de diriger ce travail. Ses conseils et encouragements nous ont inculqué les valeurs nécessaires pour l'accomplissement de ce travail. Nous ne saurions ici trouver les mots justes pour exprimer notre pleine satisfaction et notre profonde gratitude ;

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre famille qui n'a jamais cessé de nous encourager et de nous soutenir financièrement, moralement, matériellement tout au long de notre cursus scolaire.

Nos remerciements vont à nos frères et notre sœur pour leur Amour qui nous est très précieux. Que ce travail les honore.

Nous remercions également à tous ceux qui, de près et de loin, ont contribué à la réalisation de ce présent travail.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE	II
LISTE DES ILLUSTRATIONS	III
LISTE DES ABREVIATIONS	V
LEXIQUE	VI
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE :	2
CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	2
CHAPITRE I : LE CONTEXTE DE L'ETUDE ET L'APPROCHE METHODOLOGIQUE..	3
CHAPITRE II : GENERALITE SUR LE LITTORAL DE L'ILE D'ANJOUAN	13
DEUXIEME PARTIE :	24
LE DYNAMISME DE L'EROSION COTIERE DE L'ILE D'ANJOUAN	24
CHAPITRE III : LE LITTORAL ANJOUANAIS, UN MILIEU TRES DYNAMIQUE	25
CHAPITRE IV : PHENOMENES INFLUENCANT LA MORPHOLOGIE DU LITTORAL ANJOUANAIS	34
CONCLUSION GENERALE	Erreur ! Signet non défini.
BIBLIOGRAPHIE	Erreur ! Signet non défini.
ANNEXE	51

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES CROQUIS

Croquis 1: Localisation de l'île d'Anjouan	4
Croquis 2 : Les différentes composantes du littoral	14
Croquis 3 : géologie de l'île d'Anjouan	17
Croquis 4 : Les principaux courants du Sud-ouest de l'océan indien	22
Croquis 5 : Evolution des côtes à Anjouan	30
Croquis 6: Evolution de trait de côte à Hadongo	31
Croquis 7: Evolution de trait de côte à Hamabawa	32
Croquis 8 : Evolution de trait de côte à Hajoho	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Précipitation moyenne mensuelle.....	18
Tableau 2: Les principaux aléas aux Comores.....	19
Tableau 3: Variations moyennes mensuelles des marées aux Comores	20
Tableau 4: Hauteurs et nombres de jours des vagues aux Comores	21
Tableau 5: classification des particules sédimentaires	28
Tableau 6 : Cinq principaux événements ayant eu un impact sur Anjouan	29
Tableau 7: Hauteur des vagues (en mètre) et la description des caractéristiques.	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Formation d'un courant littoral.....	36
Figure 2 : Conséquence d'un estuaire lors de la dérive littorale	37
Figure 3 : Conséquence d'une jetée sur la plage	41

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Côtes rocheuses en falaise	Photo 2: Côte basaltique sous marée basse.....	25
Photo 3: Plage à sable corallien	Photo 4: Plage à galet.....	27
Photo 5: Détachement de côte à Moimoi	Photo 6: Recul des traits de côte à Pomoni	27
Photo 7: Réseau routier détruit	Photo 8: Destruction des digues.....	35
Photo 9: Accumulation des graviers	Photo 10: Dépôts des blocs rocheux	36
Photo 11: Extraction de sable fin	Photo 12: Sapement du rivage	40
Photo 13: Digue déstabilisée	Photo 14: Affouillement du pied de mur.....	41

LISTE DES ABREVIATIONS

ANACM	: Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
BRGM	: Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CNDRS	: Centre Nationale des Diffusions et des Recherches Scientifiques
CT	: Cyclone Tropicale
ENES	: Ecole Normale d'Enseignement Supérieur
ENM	: Elévation du Niveau de la Mer
ESE	: Est/sud-est
GIEC	: Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
IGN	: Institut Géographique Nationale
Ma	: Million d'Années
NNE	: Nord/Nord-est
NNO	: Nord/Nord-ouest
NO	: Nord-ouest
OMD	: Objectifs Du Millénaire Pour Le Développement
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PANA	: Programme d'Action National et d'Adaptation
PIED	: Petits Etats Insulaires en Développement
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
SHOM	: Service Hydrographique et Océanique de la marine
SIG	: Système d'Information Géographique
SSE	: Sud/Sud-est
SSO	: Sud/Sud-ouest
TT	: Tornade Tropicale
UEMOA	: Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

LEXIQUE

Agent de transport :

Moyen de déplacement des sédiments sur les versants vers les aires de dépôt marines. Les agents de transport peuvent être l'eau courante, les glaciers et le vent par exemple.

Courant de dérive :

Courant qui longe la côte et qui déplace des sédiments parallèlement à la côte. Courant provoqué principalement par le vent.

Agent d'érosion :

Élément qui contribue à façonner le relief comme l'eau, l'air et la glace.

Débit :

Quantité d'eau qui circule en un lieu donné d'un cours d'eau par unité de temps. S'exprime en mètres cubes par seconde.

Artificialisation (de la côte) :

Action de dénaturiser la côte, soit par des ouvrages de protection contre l'érosion, des installations portuaires ou tout autre implantation d'infrastructure en bordure ou sur le littoral.

Déficit sédimentaire :

Déséquilibre dans la quantité de sédiments disponibles dans un système côtier. Un déficit indique qu'il y a un manque de sédiments pour maintenir les plages en équilibre.

Dérive littorale :

Déplacement des sédiments provoqué par la rencontre oblique de la houle avec la côte (courant de dérive). La dérive littorale distribue les sédiments, modèle la zone littorale et assure la circulation des eaux côtières.

Dynamique côtière :

Ensemble des interactions entre le milieu terrestre et le milieu marin qui définissent l'évolution du relief côtier. La dynamique côtière est déterminée par les conditions marines, climatiques, géologiques et sédimentaires.

Courant de vague :

Courant engendré par l'action des vagues à l'approche du littoral.

Courant de déchirure :

Courant perpendiculaires au rivage, par lequel s'effectue le mouvement de retour vers le large des eaux superficielles poussées vers la côte par les vagues et le vent.

Sédiment :

Ensemble des particules minérales (blocs, galets, gravier, sable, limon, argile) et organiques déposées par l'action de l'eau, de la glace ou du vent.

Meuble (côte, falaise, dépôts) :

Qualifie un dépôt, une côte ou une falaise dont les matériaux sont susceptibles d'être transportés facilement (exemple : gravier, sable, argile).

Submersion :

Inondation des terrains côtiers causée par l'élévation du niveau de la mer.

Ouvrage de protection :

Tout type de construction (mur, enrochement, épis) composé de bois, de roche ou de métal conçu dans l'objectif de contrer l'érosion du littoral. On parle aussi de structure de protection.

Processus d'érosion :

Combinaison de phénomènes naturels qui sculptent le relief.

Fetch (« l'ouvert », « l'étendue d'une baie ») :

C'est la distance en mer ou sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer d'obstacle (une côte) depuis l'endroit où il est créé ou depuis une côte s'il vient de la terre

RESUME

Anjouan qui fait l'objet de cette recherche, est une île volcanique à morphologie complexe. Les accumulations alluviales et littorales sont rares et exigües. Le système littoral de l'île est composé des matériaux volcaniques anciens reposants sur des côtes généralement hautes. L'île appartient au domaine des climats tropicaux humides. La variation climatique engendre dans la zone des précipitations abondantes et définit l'hydrodynamisme marin. Ainsi la morphologie littorale résulte de l'intense dissection, sous conditions tropicales humides et d'un milieu naturel fragile. L'ensemble des côtes est caractérisé par des falaises à matériaux tendre ouvertes par les actions marines. De plus, le littoral connaît une forte proportion de plages en érosion, ce phénomène s'accroît continuellement.

L'érosion côtière à Anjouan résulte de la nature des matériaux géologiques, des actions naturelles et de la dégradation d'origine anthropique. D'abord, elle est un processus naturel qui a toujours existé et qui a façonné les rivages de l'île tout au long de l'histoire. Elle se définit comme étant un processus naturel, c'est-à-dire les actions marines (vagues, courants et marées) arrachent chaque année des matériaux le long des rivages, résultant le recul des traits de côtes. Toutefois, Les côtes attirent chaque jour davantage la convoitise des hommes, malheureusement dans leur grande majorité, ignore la véritable nature des espaces littoraux. Ainsi, des activités multiformes, parfois conflictuelles entre elles, s'y développent et elles ont souvent pour résultat de déstabiliser gravement ces milieux dynamiques et précaires. Ces déséquilibres morphologiques et sédimentaires induits par les activités anthropiques prennent de l'ampleur sur l'île. Alors, une meilleure connaissance de l'environnement côtier aurait sans doute permis d'éviter les problèmes que rencontrent les côtes.

Mots clés : île d'Anjouan, milieu côtier, littoral, érosion marine, hydrodynamisme marin, activités anthropiques, dynamique.

INTRODUCTION GENERALE

La zone littorale, interface entre Terre, Mer et Atmosphère est un milieu extrêmement dynamique. Elle est le lieu de relation entre nature et société. Par ailleurs, la zone côtière est menacée par l'hydrodynamisme marin et la pression anthropique. Ces derniers engendrent les phénomènes de l'érosion côtière. Ainsi, l'érosion côtière est un processus naturel souvent aggravée par des causes anthropiques. Parallèlement, d'autres effets accentuent l'érosion côtière comme les phénomènes de la variation climatique. On n'en connaît pas les conséquences à des échelles plus petites et des grandes masses continentales. Mais, certains auteurs prédisent des implications fortes sur la dynamique des milieux littoraux en raison de l'augmentation du niveau moyen de la mer de son intensité et de la fréquence des tempêtes.

Les zones littorales sont déjà touchées par cet événement. Elles en découlent des modifications importantes du trait de côte et l'impact à moyen terme peut s'avérer catastrophique pour les populations. En effet, les phénomènes qui ont constitué la côte de l'île d'Anjouan et qui sont encore actifs aujourd'hui sont fortement influencés par : Les phénomènes océanographiques de l'océan indien ; Les processus géophysiques des bassins versants des fleuves ; Les phénomènes météorologiques de la zone côtière. Au cours de ces dernières décennies, sur l'île d'Anjouan les interventions humaines sont devenues un facteur de plus en plus important dans l'évolution de la zone littorale, comme dans l'évolution d'un certain nombre de phénomènes extérieurs ayant des impacts sur cette zone.

Dans notre zone de recherche, l'érosion côtière constitue l'un de plus grands défis auxquels la population anjouanaise doit faire face au cours de ces dernières décennies et voire même en ce début de ce troisième millénaire. Elle est causée par tout agent extrême. Les conséquences néfastes s'expriment par les reculs des côtes et la dégradation des écosystèmes côtiers.

L'érosion côtière à Anjouan est un phénomène dont son évolution est très connue pour ses conséquences au plan social et économique. Elle fragilise les côtes et perturbe les écosystèmes côtiers. Ce qui nous a conduit à la thématique suivant : « **Essai cartographique et analyse de l'érosion marine à Anjouan** ». Ce mémoire s'articule autour de deux parties composées chacune de deux chapitres. La première partie traite le cadre conceptuel de l'étude et les caractéristiques physiques de la zone d'étude. La deuxième partie montre le dynamisme de l'érosion côtière de l'île d'Anjouan.

PREMIERE PARTIE :

CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Cette partie du travail abordera la problématique du sujet. Les aspects tels que les objectifs, les hypothèses de recherches y seront aussi traités. Elle porte sur le contexte et la justification de l'étude. Elle montrera aussi la présentation du trait physique du milieu côtier de notre zone de recherche. Cela nous permettra non seulement de mieux comprendre notre zone de recherche mais de connaître les composants du littoral de l'île.

CHAPITRE I : LE CONTEXTE DE L'ETUDE ET L'APPROCHE METHODOLOGIQUE

Ce premier chapitre va localiser notre zone de recherche. Les différentes méthodes utilisées pour l'élaboration du thème, les collectes et l'analyse des données ainsi que la description des matériels utilisés seront exposées en détails dans ce premier chapitre.

I.1. Localisation de la zone de recherche

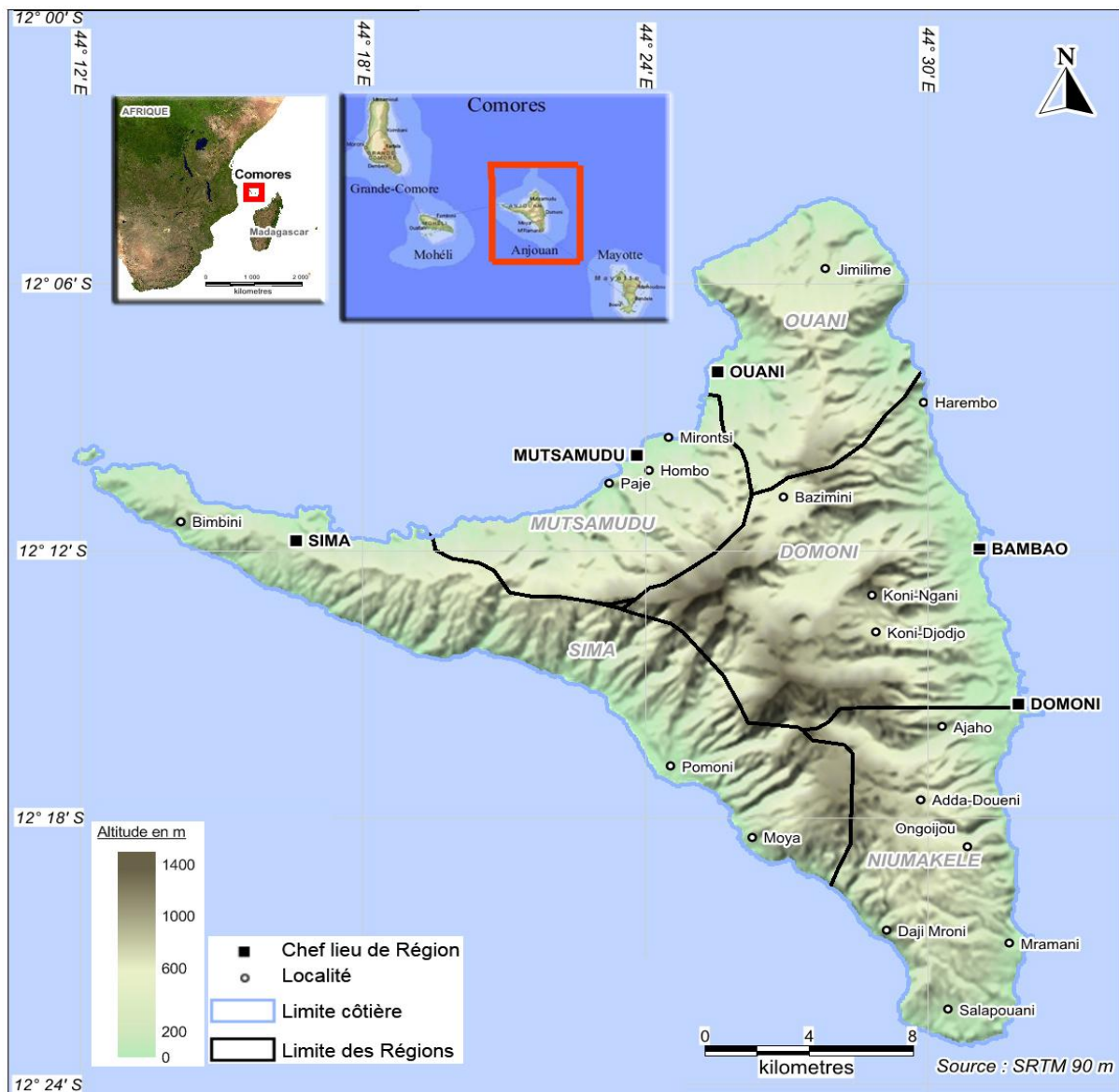
Anjouan qui fait l'objet de cette recherche, est une île volcanique tropicale humide de l'archipel des Comores. Ce dernier est constitué de quatre îles : Grande Comore, Anjouan, Mayotte et Mohéli.

L'archipel des Comores se situe entre 11°20' et 13°40' de latitude Sud et 43°11' et 45°19' de longitude Est à l'entrée nord du Canal du Mozambique, entre l'Afrique orientale et le nord-ouest de Madagascar. Composé de quatre îles, le pays couvre une superficie totale de 2.237 km² répartie inégalement ainsi : Grande Comore (1148 km²), Anjouan (424 km²), Mohéli (290 km²) et Mayotte (374 km²).

Le présent travail se réfère sur une seule île, il s'agit ici de l'île la plus montagneuse des Comores, Anjouan. Ce dernier par sa superficie de 424 km², est la deuxième île de l'archipel des Comores, derrière la Grande Comore. Elle est située dans le canal de Mozambique entre 12°-5' et 12°-20' de Latitude Sud et 44°-15' et 44°-30' de Longitude Est à mi-distance (300 km) entre Madagascar et la côte est-africain. L'île occupe une position centrale dans l'archipel et coupe l'axe Grande Comore-Mayotte de direction NNO-ESE. Elle est à 82 km à l'ESE de la Grande-Comore, à 42 km à l'Est de Mohéli et à 68 km au NO de Mayotte (**Croquis 1**).

Le littoral est constitué de trois façades maritimes : la Baie d'Anjouan, le littoral Sud-ouest et le littoral Est, respectivement délimités par trois presqu'îles : Jimilimé au Nord, Sima à l'Ouest et Niumakélé au Sud. 43% de la zone côtière sont bordés par un récif corallien de type frangeant. Des plages de sable corallien et basaltique, mixte ou sablo-vaseux se sont insérées sur des sections des petites plaines côtières alluviales ou récifales.

Croquis 1: Localisation de l'île d'Anjouan



I.2. Le contexte et la justification de l'étude

Partout où nous soyons, il est important de noter que le processus de l'érosion côtière est loin d'être un phénomène simple, il est plutôt dynamique. Cette situation pose de grands défis aux chercheurs et aux organismes de développement qui se soucient de l'état actuel des côtes : sa dégradation et la disparition de ses écosystèmes.

Dans les petites îles du sud au cours de ces dernières décennies, le phénomène de l'érosion côtière a connu une évolution considérable. L'inquiétude de ces petites îles du sud, est le manque des moyens adéquat pour la lutte contre l'érosion littorale. Dans ces îles, la progression des utilisations de ressources côtières est très remarquable. Ces utilisations qui demeurent inégales, ne se limitent pas en raison de la pauvreté et du chômage élevé.

L'île d'Anjouan connaît une modification importante du milieu littoral. Cette modification s'explique par le recul des traits des côtes et un amaigrissement des plages. La dégradation des côtes est influencée par les différents facteurs (naturels et anthropiques) de l'érosion côtière souvent confondue avec les effets de la variabilité climatique. Les facteurs naturels sont liés à la géomorphologie des côtes, aux événements exceptionnels comme les tempêtes et les cyclones et à des phénomènes hydrodynamiques provenant de l'océan (remontée de la mer, vagues, courant, etc.). Les facteurs anthropiques découlent des divers aménagements sur le littoral (port, mur de protection, etc.) et de prélèvements divers (sables, graviers, etc.) entraînant ainsi la perturbation de l'équilibre naturel. Dans ce contexte, avec le soutien de la communauté internationale, le pouvoir public met en place une stratégie de construction de murs pour protéger les populations et les infrastructures installées sur les littoraux impactés. Ce choix risque d'accentuer la fragilisation du littoral et contraste avec la perception réaliste des phénomènes anthropiques sur la zone côtière. Ils estiment que la lutte contre l'érosion du littoral ne peut se faire que par l'analyse des causes anthropiques et la proposition de solutions alternatives, notamment sociales. D'où l'intitulé de notre thème de recherche «**Essai cartographique et analyse de l'érosion marine à Anjouan**». Ce travail a pour objectif de localiser les zones dégradées tout en exposant les différentes conséquences et causes qui en résultent.

I.2.1. La problématique

Le phénomène de l'érosion côtière est un problème régional dont l'importance relative des multiples causes est encore peu connue. Il touche tout l'ensemble du pays et fait l'objet de plusieurs projets gouvernementaux, locaux et non gouvernementaux. Son importance et son évolution considérable aggravent la situation économique du pays et la vie quotidienne de la population. Dans l'archipel, le phénomène de l'érosion côtière ne se manifeste pas de la même manière. Il est très visible à Anjouan qu'aux autres îles de l'archipel. Sa conséquence majeure est la dégradation du milieu côtier. Dans plusieurs pays, l'érosion côtière est devenue un enjeu majeur pour le développement durable.

Le littoral est un siège de multiples activités économiques liées à la mer et aux échanges internationaux, il est également un puissant vecteur de valeurs en termes d'usages et de modes de vie. Toutefois, l'érosion côtière est l'une des contraintes majeures qui pèsent sur son développement et sa mise en valeur à long terme. Ainsi les Comores accusent un certain retard par rapport à sa volonté d'atteindre les objectifs du millénaire pour le développement (OMD) visant à réduire la pauvreté. Par ailleurs, l'évolution de l'érosion côtière est un problème crucial aux efforts que déploie le pays pour le développement du

milieu côtier. L'île d'Anjouan, de sa position géographique et sa fragilité physique, n'est pas à l'abri des phénomènes hydrodynamiques dont les reculs des traits des côtes. Le présent travail dont le thème est : « **L'essai cartographique et analyse de l'érosion marine à Anjouan** », s'interroge sur les différents facteurs qui conditionnent l'érosion côtière au niveau de l'île. A cela, la problématique du sujet est fondée sur la question suivante :

Dans quelle manière le phénomène de l'érosion côtière se manifeste-t-il sur les différentes façades de l'île ?

Ce travail s'inscrit dans un volet de recherche consacré à l'étude du milieu côtier de l'île d'Anjouan : son évolution et son analyse géographique. Il vise à enregistrer la question de recherche précédemment posée.

I.2.2. Intérêt du sujet

Notre thème de recherche est d'actualité, parce que la question de l'érosion côtière est aujourd'hui un des domaines qui préoccupe les pouvoirs publics et fait l'objet de plusieurs recherches. Cependant, les efforts qu'étalent les Etats du monde pour lutter contre l'érosion côtière restent souvent chaotiques puisque les solutions proposées ne font qu'aggraver la situation. Par ailleurs, les pays du sud et les petites îles sont les plus vulnérables et devront précipiter momentanément aux limitations de leurs dégâts, afin de promouvoir le développement touristique. Il est certes vrai que le Tiers Monde a besoin de développement. Mais le mal étant plus facile à éradiquer à ses débuts, nous avons choisi ce thème pour attirer l'attention de nos pouvoirs publics et des populations sur l'état actuel de nos côtes et des dangers que nous courons. A travers ce mémoire, et les résultats que nous espérons escompter, nous pensons pouvoir montrer que le processus est très avancé dans notre pays et a atteint un niveau de non retour, et qu'il est temps d'agir si nous voulons éviter le pire.

I.2.3. Les hypothèses de l'étude

L'hypothèse principale de cette étude stipule que le littoral de l'île d'Anjouan est confronté à la problématique de l'érosion, que ce soit en lien avec les causes naturelles ou du fait des divers aménagements réalisés, des activités anthropiques et de la variation climatique. Ces phénomènes d'érosion participent aussi activement à l'augmentation du risque de submersion marine. La connaissance, la compréhension et l'anticipation des mécanismes d'érosion constituent donc un enjeu essentiel pour les acteurs publics, non seulement du point de vue environnemental mais aussi sur le plan des conséquences humaines, économiques et sociales. Ce phénomène de l'érosion peut en effet être une menace pour la zone littorale en termes de protection des habitations et de maintien des activités économiques. La réflexion

sur les stratégies de protection des biens et des personnes nécessite donc des bonnes connaissances sur cet aléa.

Les hypothèses spécifiques définies à cet effet sont les suivantes :

- L'érosion côtière affecte la plupart des côtes de l'île d'Anjouan et ses conséquences restent peu connues par la population riveraine.
- L'érosion côtière a entraîné des dégâts majeurs sur le milieu côtier de l'île alors que les moyens des luttes sont très limités.
- Les aménagements réalisés ne jouent pas leurs rôles protecteurs de l'érosion côtière puisqu'ils sont facilement déstabilisés par l'action des vagues.

Pour vérifier ces hypothèses, nous nous sommes fixés aux objectifs ci-dessous.

I.2.4. les objectifs de l'étude

Processus naturel et dynamique influencé par des facteurs naturels, comme le vent et les courants marins ; anthropiques, comme l'extraction de sable et l'occupation du territoire ; et les événements exceptionnels, comme les cyclones et les tempêtes, l'érosion côtière est un enjeu de plus en plus important sur les côtes anjouanaises. Elle constitue un phénomène complexe qui doit être considéré dans son ensemble, puisqu'il existe plusieurs facteurs qui modifient et/ou intensifient l'érosion. Chaque année, des infrastructures se trouvent en situation délicate, ce qui pousse l'Etat à vouloir freiner rapidement le processus d'érosion par des méthodes de stabilisation des côtes. Les interventions peuvent ainsi aggraver la situation et détruire des écosystèmes essentiels à l'équilibre côtier.

Ainsi, les objectifs de la présente recherche sont de montrer sur l'état des côtes, leur dynamique actuelle, cartographier les zones en érosion et faire l'analyse générale de l'évolution du littoral à Anjouan. Le travail nécessitera aussi l'analyse des aménagements qui en résulte. En outre, il a pour but d'expliquer, le plus simplement possible, le phénomène d'érosion côtière. Il s'adresse à tous les citoyens soucieux de mieux comprendre les éléments inhérents au phénomène d'érosion. Il apporte donc des informations sur les éléments à prendre en considération pour bien comprendre ce phénomène. C'est-à-dire les principales caractéristiques qui composent la zone côtière, les différents processus qui agissent dans le phénomène d'érosion, de même que les différentes mesures de protection utilisées et leurs impacts sur l'environnement. Sur ceux, quelques solutions seront proposées pour l'adaptation du problème de l'érosion marine.

A cet effet, l'étude sera réalisée en trois phases :

- La cartographie des façades littorales de l'île affectées par l'érosion marine ;

- L'analyse de toutes les données disponibles sur les conditions naturelles et anthropiques actuelles de l'évolution des côtes et les aménagements réalisés;
- Les perspectives sur l'érosion marine

I.3. La démarche de recherche

Pour élaborer le thème, une démarche déductive a été entreprise et consiste à combiner deux approches : les approches quantitatives et qualitatives. L'approche quantitative nous a permis à travers les questionnaires et la documentation de disposer de données statistiques. L'approche qualitative a consisté à des appréciations et des observations dans le but de mieux expliquer certaines de nos informations et d'affirmer nos hypothèses. Cette démarche a permis un meilleur cadrage de notre thème d'étude et ce, en vue d'une meilleure atteinte des objectifs que nous nous sommes fixés. La démarche ainsi adoptée prend en compte les points suivants : la justification du choix du site de l'étude, la recherche documentaire ayant permis de faire la revue de littérature, les travaux de terrain, le traitement statistique et l'analyse des données et enfin la rédaction du mémoire.

I.3.1. La justification du choix de terrain

Au départ, il était prévu de mener notre étude sur le littoral qui longe la région de Mutsamudu. Mais suite aux discussions avec différentes personnes et l'exiguïté du site, l'étude n'aura pas permis une analyse aussi approfondie dans cette zone. Ces critères ont permis d'orienter le choix de terrain. C'est ainsi que le choix s'est porté sur l'île d'Anjouan. Ce choix trouve son explication dans le fait que nous connaissons bien mieux la zone mais aussi suite à des enquêtes déjà menées sur le site. Ainsi, par rapport aux autres îles de l'archipel, Anjouan connaît une modification importante de son milieu côtier. Le phénomène de l'érosion côtière touche énormément son littoral. Ce dernier dispose des écosystèmes variés mais fragile puisqu'ils sont exploités par la population riveraine et subissent toutes sortes d'agressions marines. Ainsi, une reconnaissance du site a été effectuée et a consisté tout d'abord à l'analyse du paysage puis à l'étude du milieu.

I.3.2. La recherche documentaire

La recherche documentaire a porté sur la documentation disponible sur notre zone de recherche mais aussi sur les ouvrages et documents abordant d'une manière ou d'une autre notre thème. Les ouvrages exploités ont aussi porté sur les aménagements socio-économiques de la zone côtière. Cette recherche documentaire nous a permis de bien circonscrire la problématique du travail, et ainsi de donner une meilleure orientation aux objectifs de recherches fixés. Cette revue de lecture est constituée d'ouvrages généraux et spécifiques, de

thèses, de mémoires de fin de cycle, d'articles, de rapports et de publications de résultats de recherches portant sur l'érosion côtière aux Comores et leurs impacts sur les côtes. Par ailleurs, la recherche documentaire consiste à chercher des informations permettant d'avoir une vue global sur la dégradation côtière et les facteurs conditionnels de l'érosion. Différents centres des recherches documentaires ont été consultés : bibliothèque de l'Université d'Antananarivo, bibliothèque départementale de Géographie de l'Université d'Antananarivo, la bibliothèque de l'Université des Comores, le CNDRS. Toutes ces sources ont été complétées par des recherches sur Internet et des discussions avec des personnes sources.

✓ **La revue de littérature**

Pour mieux aborder notre travail une revue de littérature a permis de parcourir des documents ayant traités la problématique de l'érosion côtière dans le monde et aux Comores. Cependant un accent particulier a été mis sur les documents ayant traités les causes et les impacts de l'érosion côtière à l'échelle globale

L'île d'Anjouan étant très montagneuse, les routes sont construites le long de la cote à quelques mètres de la mer, et les digues de protection sont mises en place essentiellement pour le soutènement des chaussées. Ainsi, selon l'UEMOA (2007) dans son rapport, « programme régional de lutte contre l'érosion côtière » montre que le phénomène d'érosion côtière entraîne un recul de la côte variant de 1 à 10 m par an, en moyenne. Il touche souvent les zones à forte concentration humaine, d'où des conséquences socio-économiques graves (destruction des plages, destruction des villages, destruction d'infrastructures industrielles et hôtelières, perturbation des activités de pêches, etc.).

Par ailleurs, R. Paskoff (1993), dans son étude portant sur « les côtes en danger » a décrit les conséquences des différentes structures installées pour la protection des côtes. Il montre ainsi que le mur de protection et cordons d'enrochement pour mettre à l'abri des aménagements menacés de destruction par le recul des côtes, visent à contenir l'attaque frontale de la houle et à arrêter l'avancée de la mer. Mais ils n'arrêtent pas le démaigrissement et le recul des estuaires car ils n'apportent pas de remèdes à la cause de ces phénomènes ; et même souvent ils accélèrent l'érosion des plages. Ils s'interposent entre l'estran et la dune qui lui est associée, empêchant les échanges sédimentaires réciproques entre les 2 éléments solidaires. Surtout ils modifient les processus hydrodynamiques littoraux en renforçant l'agitation de la mer qui brise sur eux, engendre la réflexion de la houle incidente qui accroît la turbulence de l'eau sur le rivage. A terme la plage est condamnée à disparaître.

PNUD, (2009), dans son rapport sur la « Fragilisation et modification des formations littorales meubles sur l'île d'Anjouan (Comores) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique » a évoqué les causes anthropiques de l'érosion qui sont l'extraction de sable et des matériaux de construction sur les plages. Il avance que le besoin sans cesse croissant en matériaux de construction dans l'île a entraîné l'exploitation excessive et anarchique des matériaux sableux d'où la multiplication des sites d'extraction. Le rapport montre ainsi que parmi les plages exploitées, certaines sont déjà en voie de disparition à cause de l'extraction intense de cette richesse naturelle.

Ainsi, SOIFFAOUIDDINE Sidi, 2011 dans sa thèse portant sur « la Croissance Démographique et Dégradation de l'Environnement Naturel à Anjouan Comores » a parlé aussi des causes anthropiques de l'érosion côtière à Anjouan. Il justifie que les zones côtières subissent de fortes pressions, notamment à travers le prélèvement de matériaux de construction tels que le sable, les gravillons et les coraux. Cela tend à faire disparaître les plages et a comme conséquences une sensibilité accrue du rivage à l'érosion marine avec souvent des érosions latérales, une destruction des infrastructures (routes, murets de protection), un impact accru des sédiments transportés sur le plateau et le récif, la perte de la biodiversité marine et une dégradation du potentiel touristique.

. Niang, Diop, (I.), (1995), dans son étude « l'érosion côtière sur la petite côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque » montre que L'homme, par ses activités, peut interférer avec les agents naturels de contrôle de la zone Littorale. Il peut ainsi intervenir principalement de deux manières : soit en modifiant les apports sédimentaires par la construction de barrages sur les fleuves, les extractions de sable sur les plages ou au large, le durcissement de la ligne de rivage (construction d'habitations ou de structures de protection sur la plage), la destruction de la végétation littorale, etc. ; soit en interférant avec le transport littoral, essentiellement par la construction de structures perpendiculaires au rivage (digues, jetées, épis, brise-lames, etc.) qui peuvent interrompre ou stopper une partie du transport sédimentaire effectué par la dérive littorale. Les plaines côtières de l'île d'Anjouan sont densément peuplées, donc des telles caractéristiques ne peuvent que se répercuter sur la zone littorale.

Sur l'île d'Anjouan, les prélèvements excessifs des sables effectués dans les lits des cours d'eau (parfois même dans les plages) pour les chantiers de construction, ont nettement diminué la quantité du matériel pouvant être distribué sur les plages et les côtes par la dérive littorale. Par ailleurs, PIRAZOLLI, P A. 1993 dans son étude portant sur « Les littoraux. : Impact des aménagements sur leur évolution » a évoqué les déficits sédimentaires sur les

plages et les cotes d'une manière anthropique. Il apparaît clairement donc que tout porte à constater que les responsabilités humaines en matière de changement du rythme de l'érosion littorale sont importantes. L'homme a accéléré une tendance déjà très ancienne. Il lui faut maintenant en prendre conscience.

Le phénomène de littoralisation représente un facteur fondamental d'évolution. La population côtière de l'île d'Anjouan représente plus de 70 % et continue de croître rapidement par la forte natalité que connaissent l'île et l'exode rural. Selon Abdellah L. (2006), dans son étude sur « Le littoral marocain, milieux côtier et marin » affirme qu'au Maroc, comme dans tous les pays méditerranéens, le littoral tend à devenir un espace suroccupé et surutilisé par l'urbanisation, les activités industrielles, portuaires, halieutiques et de loisirs. Souvent excessive, cette occupation aboutit à la dégradation du milieu physique et à hypothéquer toute possibilité de gestion meilleure de l'espace côtier et marin dans l'avenir. Il montre ainsi que l'érosion des plages a des conséquences économiques négatives puisqu'elle en diminue l'attrait touristique et ludique et menace les implantations placées sur l'arrière-plage.

Les différents problèmes dont souffraient les côtes n'est pas seulement l'œuvre des conditions naturelles et humaines, il a été malheureusement, à beaucoup d'endroits à travers le monde aggravé par les effets de la variabilité climatique qui sont de plus en plus agressives sur des milieux aussi fragiles que les littoraux. Dans un rapport de GIEC, (2007) a évoqué que les côtes subissent les conséquences des menaces liées au changement du climat et à l'ENM. Elles sont très vulnérables aux événements extrêmes comme les tempêtes et les cyclones. En effet, l'ENM contribue aux inondations, à l'érosion et à la perte d'écosystèmes mais avec d'importantes différenciations régionales, dues à d'autres facteurs. Ces risques seront accrus à cause de la pression humaine. Les défis sont plus importants pour les côtes des pays en développement, ayant une capacité d'adaptation plus réduite.

R. Paskoff (1998), dans son étude portant sur « la crise des plages : pénuries des sédiments » a montré le phénomène de l'élévation du niveau de la mer sur le processus de l'érosion côtière. Il affirme que l'ENM, là où elle est marquée, a logiquement pour conséquence une accentuation des phénomènes d'érosion puisque, en augmentant les profondeurs littorales, elle diminue le freinage de la houle à l'approche du rivage.

Par conséquent, Yvonne BATTIAU-QUENEY, (2015), dans son étude sur « l'érosion des côtes : l'homme est la principale menace » a évoqué le cas de Martinique, la Réunion et

Mayotte. Il avance que la pénurie de sédiments est un facteur d'érosion plus important que l'élévation du niveau de la mer.

I.3.3. Les travaux de terrain

Ces travaux ont stipulé en la collecte de données et d'informations nécessaires à la réalisation de ce mémoire. Il a été nécessaire de se contenter de tout ce qu'on a relevé lors de la recherche bibliographique. Cette étape a nécessité d'abord les visites des sites tout en amenant des cartes et des photos anciennes pour faire la référence et vérifier notre thème. Après vérification des données sur le terrain, des enquêtes ont été menées auprès de la population de l'île et des mairies. Ainsi des personnes ressources ont été rencontrées pour les entretiens exploratoires de notre thème de recherche. Lors de ces enquêtes, la technique d'échantillonnage aléatoire a été utilisée en prenant un taux d'un cent dix septième, soit 283 ménages sur 33 094. L'ensemble est complété par les observations directes faites sur le terrain.

Ainsi, quelques difficultés ont été rencontrées lors de la réalisation de ce travail. Il s'agit entre autres des difficultés liées à l'absence, l'insuffisance et l'ancienneté des données statistiques et des documents concernant le thème, dans notre zone de recherche. Cette insuffisance des données et information constitue un obstacle majeur lors de l'élaboration de ce travail. Un problème a été souligné sur la collecte des données disponibles vu la rigueur des personnes administratives. Il a été même impossible de les rencontrer, et de procéder avec eux aux entretiens exploratoires sur notre thème de recherche. Toutefois certains d'entre eux étaient hospitaliers et ont contribué leurs aides durant notre rencontre.

I.3.4. Le traitement et l'analyse de données

Les données prélevées lors des étapes précédentes ont permis d'entamer cette phase. Ainsi à l'aide du MAP info, World 2007 et Excel 2007, les résultats obtenus lors de la recherche bibliographique et des travaux de terrain sont présentés sous forme des figures, des photos, des cartes et des tableaux statistiques. Le traitement des données a permis de connaître l'état de la dégradation de site et l'évolution chronologique de l'érosion marine. Les outils utilisés dans la collecte des données ont été : Les questionnaires, les guides d'entretiens, les cartes et images anciennes, Google earth et SIG.

L'analyse des toutes les données recueillis a abouti à la rédaction de ce présent document divisé en deux parties :

- **La première partie**, aborde le contexte général de l'étude
- **La deuxième partie**, montre le dynamisme de l'érosion côtière de l'île d'Anjouan

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LE LITTORAL DE L'ILE D'ANJOUAN

Le milieu côtier de l'île d'Anjouan se distingue du reste des îles par sa nature et sa morphologie. Ainsi ce chapitre a pour but de présenter les traits physiques conditionnant l'érosion côtière de l'île.

II.1. Les traits physiques du milieu côtier

La présente recherche qui intéresse l'île d'Anjouan concerne une zone à caractères climatiques, géologiques, géomorphologiques et océanologiques. Il nous paraît donc utile, avant d'aborder les analyses spécifiques, de présenter le cadre général physique afin d'avoir une vue générale sur les conditions naturelles de la zone.

II.1.1. L'état de connaissances géomorphologiques sur le littoral anjouanais

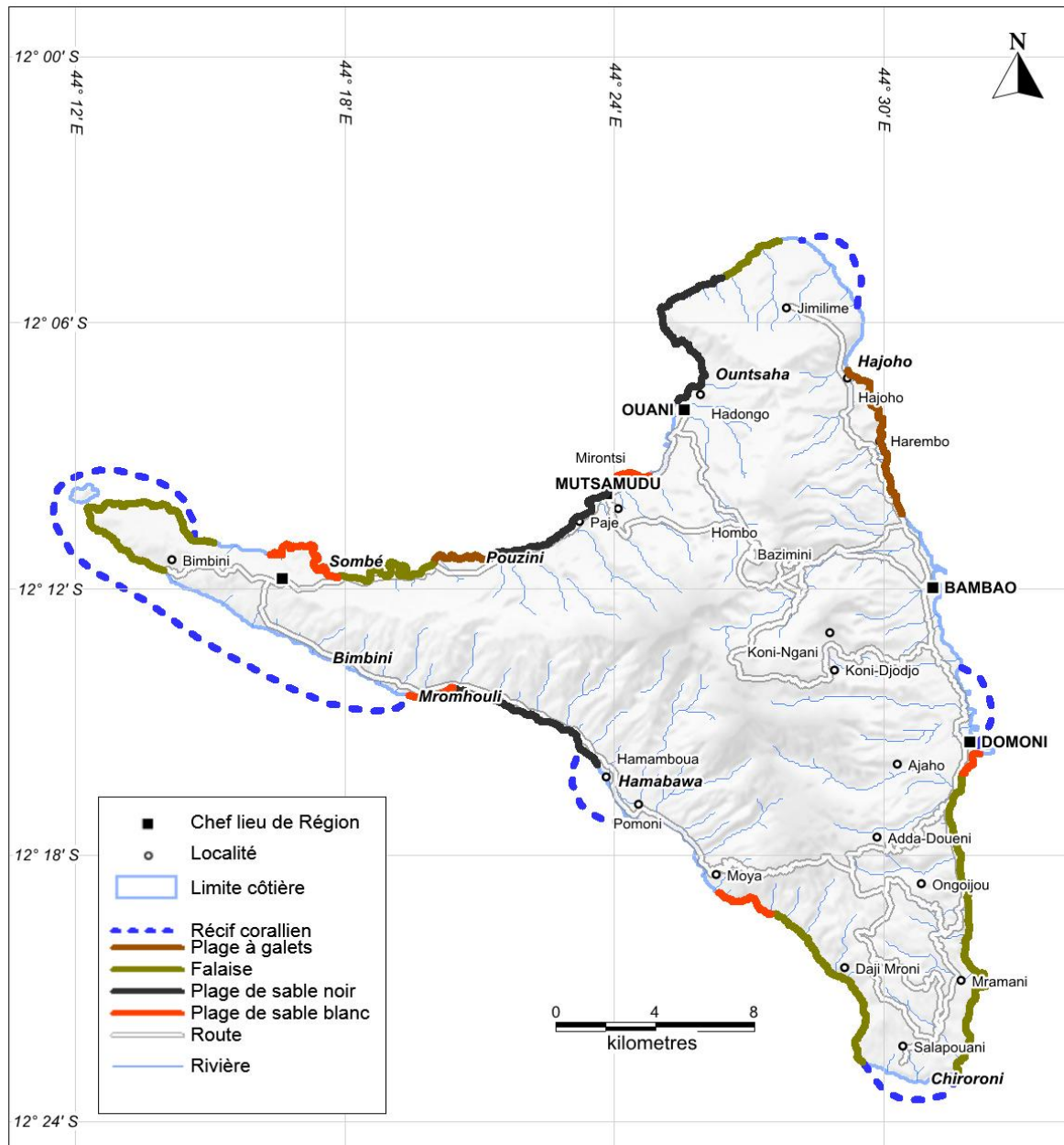
La géomorphologie est considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques. Ainsi, les principaux cycles climatiques du Quaternaire ont donné à l'île d'Anjouan un aspect particulier en relation avec la nature du substrat géologique et les différentes formations volcaniques enregistrées.

Nous nous sommes basés sur la carte IGN (1955) et les travaux de TRICART (1969) ; de R. PAVLOVSKY & de J. de SAINT-OURS (1953) afin de distinguer d'une façon générale les principales unités géomorphologiques qui composent l'île d'Anjouan en particulier son milieu côtier. Le littoral de l'île d'Anjouan est constitué de trois façades maritimes : la Baie d'Anjouan, le littoral Sud-ouest et le littoral Est, respectivement délimités par trois presqu'îles : Jimilimé au Nord, Sima à l'Ouest et Niumakélé au Sud. Spatialement chacune est constituée par un ensemble d'unités différentes du point de vue de leur forme structurelle, leur genèse, leur lithologie et leur morphogenèse. Cependant, ces entités sont issues de l'interaction de processus physico-chimique (thermoclastie, dépôts volcaniques récents et processus hydriques) exercée sur les matériaux géologiques et lithologiques. A part ces phénomènes naturels, on note les différents aménagements réalisés sur le milieu littoral de l'île d'Anjouan et qui ont profondément modifié sa morphologie côtière. Un grand port a été construit à Mutsamudu (la capitale de l'île) et plusieurs kilomètres des digues de protection bordent le rivage de l'île. Ainsi les principales unités géomorphologiques qui composent le littoral de l'île d'Anjouan, peuvent être énumérées comme suit :

- ✓ Côtes rocheuses ;

- ✓ Plages de sable corallien et basaltique, mixte ou sablo-vaseux ;
- ✓ Estuaires, îlot ;
- ✓ Récifs coralliens ;
- ✓ Les aménagements sur le milieu côtier

Croquis 2 : Les différentes composantes du littoral



Source : ENES, 1988 ; complété par l'Auteur

L'île d'Anjouan présente une morphologie faite des faciès très variés sur une longueur de 135 km (IGN, 1955). Son milieu littoral est caractérisé par des dépôts continentaux et marins. C'est une côte d'accumulation. Il est constitué des plages sableuses, des estuaires,

des platiers rocheux, des falaises mortes ou vives, îlot, quelques mangroves et des récifs coralliens occupant une partie importante de la côte.

✓ **Les côtes rocheuses**

Elles sont généralement haute avec une altitude moyenne de 50 m. Ces côtes présentent le plus souvent des falaises à hauteur varié et plus ou moins taillé, interrompues par endroit par des plages. Le rivage de l'île est très découpé le long des côtes rocheuses et rectilignes le long des côtes basses. Ces côtes sont constituées de roches basaltiques altérées par l'érosion marine et côtière. Elles sont souvent sous l'eau à marée haute même à marée basse. Elles présentent un bon état de conservation. En général, les côtes rocheuses ont un intérêt particulier du fait de la protection contre l'érosion côtière.

✓ **Les plages et les récifs coralliens**

Les plages sont des zones d'accumulation des sédiments. Elles vont des sables fins aux galets. Sur l'île, les plages des sables fins (noir et blanc) et argileux sont largement représentées à l'ouest. Ces plages sont très menacées puisque l'extraction du sable reste très courante. Une étude faite par le PNUD (2009) montre que dans de nombreux petits Etats insulaires en développement (PEID), la problématique de l'érosion des plages est exacerbée par l'extraction des matériaux du littoral pour la construction. En outre, des récifs coralliens bordent le littoral de l'île d'Anjouan et s'éloignent sur 58 km soit 43% du rivage (IGN, 1955). Véritable baromètre de l'état de santé de l'écosystème marin, les récifs coralliens jouent un rôle de protection des côtes contre l'érosion et la productivité en sédiments sur les plages. Ils sont de type frangeant (récif jeune, constituant une plate forme étroite qui s'étend à une faible distance de la côte et qui ne comporte pas de lagon).

✓ **Les estuaires et îlot**

Les estuaires et les embouchures fluviales ont une dynamique hydrologique et sédimentaire très particulière en raison du contact eau douce - eau salée et de la rencontre de l'écoulement du fleuve et des courants des marées. Ce sont des lieux d'échange d'énergie et de matière entre les milieux marins et terrestres. Cette situation est très favorable à la vie animale et végétale. L'île d'Anjouan compte plusieurs cours d'eau (Croquis n°2) présentant des débits exceptionnels pendant la saison des pluies. En temps de pluies, les cours d'eau produisent des sédiments des dimensions variées sur la zone côtière de l'île, dont la quantité reste inconnue. Les apports continentaux sur le littoral anjouanais sont très importants, de

sorte qu'ils couvrent parfois les plages situées à proximité des embouchures. Il existe un seul îlot sur l'île à l'ouest à quelques kilomètres de Sima.

✓ **Les aménagements côtiers**

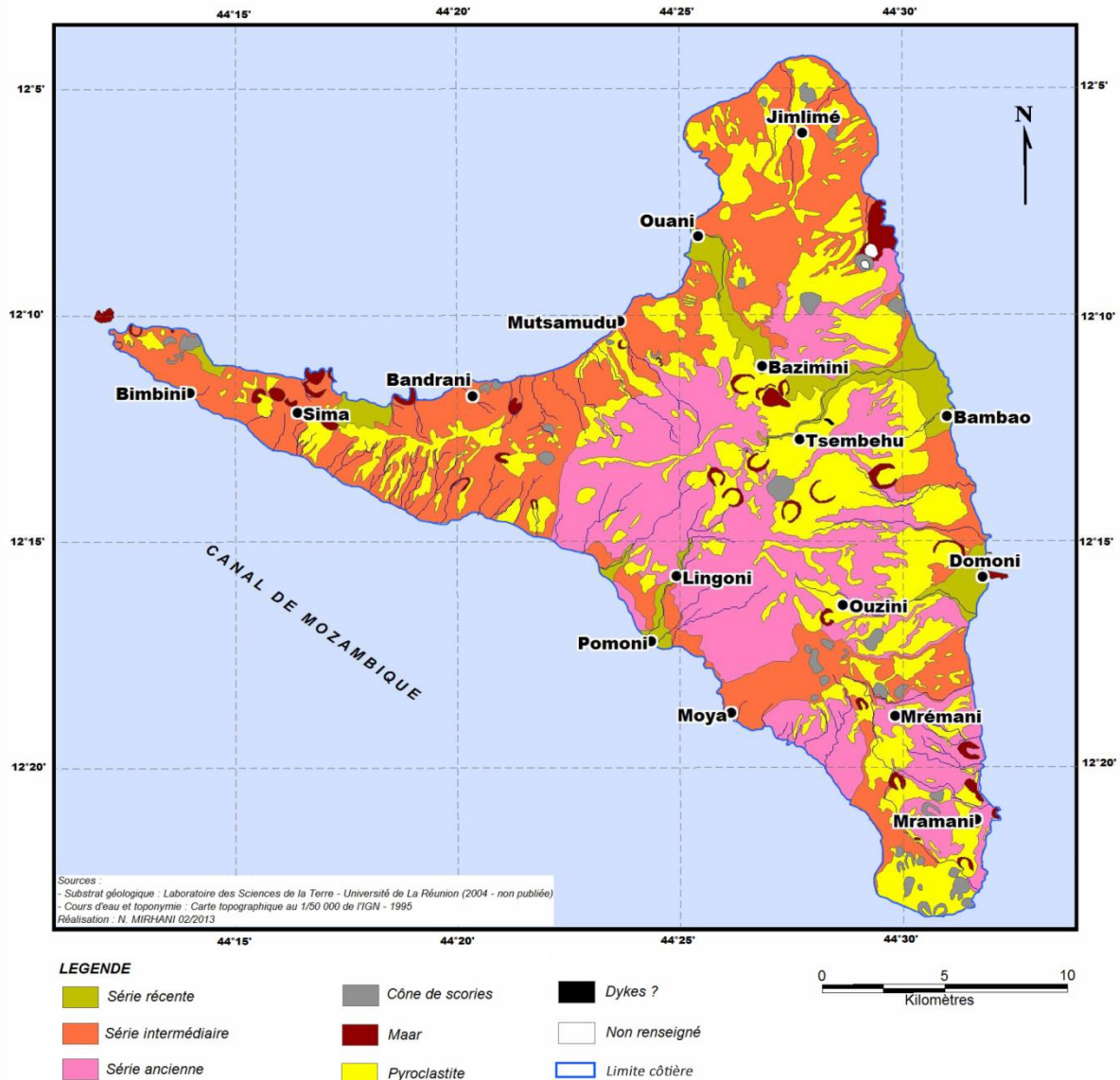
Les aménagements sur le milieu côtier de l'île occupent une place non négligeable. Parmi ces aménagements on peut citer le port de Mutsamudu avec ses 237 m de long (le plus grand des Comores) et les murs de protections. Ces derniers sont les résultats d'une analyse de la dégradation côtière à Anjouan. Sur l'île, ce sont presque 5 km de digues qui sont construites. Ils sont mis en place pour protéger les infrastructures contre les assauts de la mer. Toutefois, Les murs de protection et les quais sont des exemples d'ouvrages susceptibles de nuire au déplacement des matériaux car ils agissent comme des capteurs de sédiments.

II.1.2. Description et mise en place de matériaux géologiques sur l'île

L'archipel des Comores a une origine volcanique. Sa formation a débuté au Miocène (23 à 5 millions d'années) et se poursuit de nos jours. Anjouan qui fait l'objet de cette étude, fut la deuxième île émergente de l'archipel à quelques millions d'années après la formation de l'île Mayotte. Ce qui fait que sur l'île, ce sont les matériaux volcaniques plus anciens qui prédominent (Tertiaire et quaternaire inférieure et moyen, VERIN Pierre, 1994).

La datation décrit trois paroxysmes volcaniques. Ces trois phases volcaniques ont été définies par Esson et al. (1970) puis Flower (1973). Elles ont été vérifiées plus récemment par Charmoille (2003), Debeuf (2004) et de la carte géologique du Laboratoire de Science de l'Université de la Réunion. Elles ont mis en place trois séries de formation géologiques dominées par des laves à faciès basaltiques. Selon la carte géologique du Laboratoire de Science de l'Université de la Réunion, les matériaux sont classés en trois séries : récentes, intermédiaires et anciennes. Ainsi des pyroclastites et quelques maars et cônes des scories recouvrent l'île.

Croquis 3 : géologie de l'île d'Anjouan



Les séries récentes couvrent 7% de l'île et elles sont constituées de laves à texture fluide de nature téphritique et riche en amphibolite brune. Elles correspondent à une longue période d'érosion qui remonte de 2,5 à 1,5 Ma. Ces dépôts récents sont présents sur la zone côtière de l'île et n'ont pas fondamentalement modifié la structure générale de son milieu côtier. Ils sont en dessus des séries intermédiaires et couvrent presque les plaines côtières de l'île.

Les séries intermédiaires correspondent aux formations « post-bouclier » qui remontent de 2 à 4 Ma. Ce sont des basaltes à olivine et cliopyroxène qui se répartissent pour l'essentiel sur 31 % de l'île. Ils forment les trois presque îles de Sima à l'Ouest, de Jimlimé au Nord et de Mrémani au Sud. Elles constituent également la majeure partie de la frange

littorale de l'île. Ces formations donnent lieu à des falaises surplombant la mer le long de la côte anjouanaise.

Les séries anciennes (de plus de 5 Ma) correspondent aux formations du « bouclier ». Elles forment le noyau central d'Anjouan et sont constituées de laves à faciès porphyriques à phénocristaux (olivine, pyroxène et plagioclase) couvrant 29,6% de l'île d'Anjouan. Ce paroxysme volcanique a été suivi d'une longue période de dissection et d'altération de type ferrallitique. Ces formations bordent une partie étroite des côtes de l'île avec des rochers qui dominent directement leurs rivages.

Toutefois, le milieu côtier de l'île d'Anjouan est fortement influencé par les variations relatives du niveau de la mer.

II.1.3. Comportement et caractéristiques climatiques de l'île

Le climat de l'île d'Anjouan est de type tropical humide. On distingue deux saisons : une saison chaude et humide de mi-novembre à mi-avril avec une température moyenne de 28°C et une saison sèche et fraîche de début juin à fin septembre où la température fluctue autour de 23°C (BACAR DOSAR.M, & ROBY. D, 2000). Durant la saison chaude et humide, Anjouan est soumis à un régime de mousson du Nord Ouest qui peut être marqué par des épisodes fortement perturbés, liés à la présence de dépressions cycloniques. Durant la saison sèche et fraîche l'île est sous l'influence des Alizés du Sud et du Sud Est. Néanmoins, de grandes variations locales en relation avec l'exposition aux vents dominants et l'altitude existent. Ainsi le climat devient de plus en plus humide au fur et à mesure que l'on pénètre à l'intérieur de l'île : les régions situées à moins de 400 m d'altitude ont un climat tropical sec, les régions situées entre 400 et 600m d'altitude ont un climat tropical humide. Les zones dont l'altitude se situe au-dessus de 600 m ont quant à elles un climat tropical humide tempéré par leur situation altitudinale. Plus on monte d'altitude, les précipitations deviennent importantes. Le tableau n°1 montre les précipitations moyennes mensuelles de trois stations d'altitudes différentes pour la période de 1970-1996.

Tableau 1: Précipitation moyenne mensuelle

	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Total
1	16,8	15,8	43,54	108,0	120,5	275,7	395,4	279,4	301,1	160,2	45,7	24,0	1786,1
2	52,7	54,1	58,3	201,6	182,1	306,7	710,5	617,7	502,9	292,8	86,2	67,4	3133
3	187	93,7	49,7	115,2	130	193,5	316,3	218	310	378,6	382,8	188,1	2562,9

Source : ANACM, (1) Station de Ouani (-400 m), (2) Station de Tsembéhou (+600 m)

(3) Station de Pomoni (-400 m)

La topographie de l'île d'Anjouan et la position des reliefs par rapport aux vents dominants entraînent une inégale répartition des précipitations. Plus précisément, les précipitations varient d'une localité à l'autre pour un même mois d'une année donnée. Ainsi le degré de vulnérabilité face aux précipitations ne se manifeste pas de la même manière au niveau de l'île. Parallèlement, les façades de l'île ne sont pas exposées uniformément aux précipitations. Les parties NNO et SSO sont plus arrosées que les NNE et SSE. Cette inégalité s'explique par la position des reliefs par rapport aux vents dominants. Ces derniers déterminent le comportement climatique et repartissent les précipitations dans l'ensemble de l'île.

Ainsi la période d'abondance en eau de Novembre à Mars, entraîne une modification importante sur le milieu côtier. C'est durant cette période que les cours d'eau ont des débits très élevés avec des apports sédimentaires importants. Puis, une période de déficit en eau où la pluie est insuffisante d'Avril à Octobre. Ainsi, en période de carence d'eau, les petites rivières n'ont pratiquement plus de débits et les grandes rivières montrent des signes de tarissement. Toutefois, quelques aléas climatiques sont enregistrés dans l'archipel avec des échelles plus ou moins longues.

Tableau 2: Les principaux aléas aux Comores

Aléas	Fréquence d'occurrence	Intensité probable	Etendue du phénomène
Cyclones et tempêtes	Décennale	Forte	Nationale-ensemble des îles
Inondations	1 fois par an	Forte	National-ensemble des zones côtières
Tsunami	Centennale	Forte	Locale localisation sur les îles

Source : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACM)

Le tableau n°2, montre que les inondations n'épargnent pas le pays. Elles se produisent au moins une fois par an. Sur l'île, les zones côtières les plus inondées sont les franges littorales Ouest. Par contre les îles sont très largement en abri des tsunamis, avec une échelle de 100 ans. D'après le tableau n°2, les cyclones et les tempêtes sont observées dans la région avec une forte intensité. Par conséquent, la probabilité d'aboutir au passage d'un cyclone sur les Comores paraît aussi fortement réduite tant que Madagascar représente une barrière efficace. Relativement rare par rapport à l'île voisine de Madagascar, toutefois, les cyclones peuvent être redoutables aux Comores (Robineau, 1966). Ces cyclones d'une grande intensité, parfois avec un diamètre restreint, engendrent aux environs des Comores des houles exceptionnelles.

II.1.4. Les facteurs océaniques influençant les côtes

L'archipel des Comores s'ouvre dans le canal de Mozambique entre Madagascar et la partie est du continent africain. Dans cette position, l'archipel est influencé par la circulation marine de l'Océan Indien. Les caractéristiques morphologiques de l'île d'Anjouan (absence de lagon, des cordons littoraux...) renvoient les côtes contre les effets ravageurs de l'océan. Par conséquent, les quelques récifs et mangroves existant sur le littoral présentent un intérêt particulier pour la protection des côtes contre l'hydrodynamisme marin.

➤ Marée

La marée est issue de l'action gravitationnelle de la lune et du soleil sur les océans. Comme la terre tourne, l'eau des océans entre en oscillation selon une période généralement voisine de 12 heures (marées semi-diurnes). Son cycle comprend une marée haute et une autre basse. L'amplitude moyenne à l'échelle du globe est de 0,50 m mais elle varie grandement selon les lieux sous l'action de la force de Coriolis, la forme et la profondeur du corps d'eau et en fin l'inclinaison de la côte.

Tableau 3: Variations moyennes mensuelles des marées aux Comores

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Marées minima	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,3	0,4	0,25	0,35	0,01	0,4	0,05
Marées maxima	3,7	3,5	3,9	4	3,5	3,3	3,5	3,4	3,6	3,8	3,9	3,5

Source : www.unep.org/.../Comores_National_sta...,

Les marées des Comores sont presque constantes durant toute l'année (Tableau n°3). Les variations moyennes journalières des marées ont des minima de l'ordre de 0,05 à 0,5 m et des maxima de 3,4 à 4 m. La référence des marées a été obtenue à partir de Dzaoudzi (Mayotte), point qui figure dans l'annuaire des marées édité par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine à Brest (France). Généralement, l'amplitude de la marée varie au cours d'un mois lunaire (28 jours), en fonction de la position respective de la lune et du soleil. Quand la lune et le soleil ajoutent leur attraction (pleine lune et nouvelle lune), l'amplitude des marées est grande: ce sont les marées de vive eau. Quand les attractions se contrarient, l'amplitude est faible: ce sont les marées de morte eau.

➤ Vagues et houles

La houle est un mouvement oscillatoire des couches superficielles d'un corps d'eau provoqué par le frottement du vent sur la surface. La houle est d'autant plus forte que le vent est plus intense, frotte sur une plus grande distance. Ainsi, dans l'archipel on distingue :

- ✓ les houles maximales normales dues aux alizés,
- ✓ les houles longues en provenance du Sud-est Africain,
- ✓ les houles exceptionnelles liées à des phénomènes dépressionnaires, de probabilité d'apparition faible, mais non négligeable.

Ces houles peuvent atteindre une amplitude maximale de 4 mètres avec une période de retour de 10 ans et parfois une amplitude maximale de 5 mètres et plus avec, dans ce cas, une période de retour quasi centennale.

Tableau 4: Hauteurs et nombres de jours des vagues aux Comores

Hauteurs des vagues et houles	déc/jan/fev	mars/avr/oct/nov	mai/sept
0.5 m	59.9	18.9	6
1.0 m	47.6	13.7	3.2
1.8 m	17.7	5.4	—
3.6 m	3.3	5.4	—

Source : www.unep.org/.../Comores_National_sta...,

Les vagues engendrées localement ont des hauteurs qui dépassent rarement 4 m. Elles proviennent dans différentes directions suivant les types des vents. Dans un même lieu, l'ensemble de l'archipel est protégé par les houles sévères et gonflées venant du deuxième quadrant (E à S) par l'île de Madagascar. Ainsi, la houle la plus fréquente provient du secteur du sud-est de l'Afrique. Son amplitude maximale est de 4,0 m pour une période de l'ordre de 18 secondes. Elle est visible aux mois de février à octobre. On observe aussi une prédominance des houles venant de Nord-Est et Nord-Nord Ouest d'octobre à février. En plus des houles d'Alizés, d'autres peuvent subvenir dans des directions variées. On note celles de Nord Ouest en saison chaude, associées à la Mousson qui souffle généralement en janvier, février et mars ; des houles de direction quelconque, provoquées par des grains orageux. Il y a celles de Nord-Ouest, Ouest ou même Sud-ouest provoquées par le système dépressionnaire situé dans le parage des Comores.

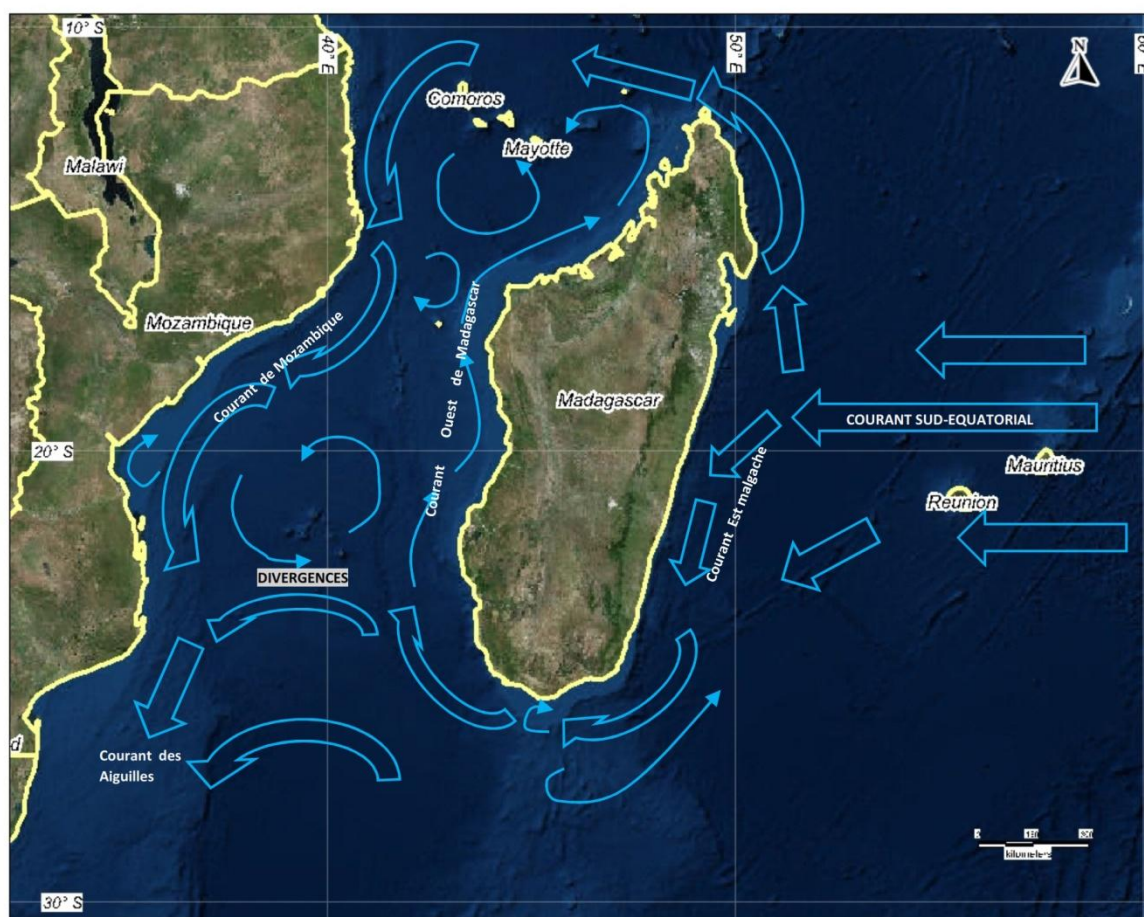
Pour les houles exceptionnelles, résultats de dépressions cycloniques, sont rares tant que le passage de cyclone aux Comores reste décennal. Les houles cycloniques qui ont le plus affectées l'île d'Anjouan ces dernières années sont celles générées par les dépressions tropicales Elita 1983 et Gafilo en 2004.

➤ Courants

○ Les courants généraux

La circulation océanique superficielle au large des Comores est dominée par les courants Est-africain. Plusieurs courants circulent dans le sud-ouest de l'océan indien, mais un seul traverse les Comores : il s'agit du courant sud-équatorial.

Croquis 4 : Les principaux courants du Sud-ouest de l'océan indien



Source : D. Guyomard et M. Petit, 2001

Le courant sud-équatorial (CSE ou SEC) qui occupe une région au sud de 8° S, avec des vitesses rarement supérieures à 0,3 m.s⁻¹ ; son flux est plus fort pendant la mousson de nord-est que pendant celle de sud-ouest. Ce courant se divise en deux branches : une branche Nord et une branche Sud qui forment un tourbillon cyclonique autour de l'archipel. L'existence de ce tourbillon est liée aussi au fait que les eaux du Sud : eaux tropicales de surface venant du sud sont mélangées aux celles du Canal de Mozambique. Elles forment un barrage en raison de leurs propriétés physico-chimiques différentes. Pendant la saison des pluies, la vitesse du flux s'établit entre 1,30 et 1,45 nœud. En saison fraîche, cette vitesse

varie entre 0,5 et 2 nœuds, soit 0,25m/s. Ce courant de surface peut être freiné ou accéléré par le régime des vents ou par la morphologie sous-marine et côtière. On a pu observer des courants très violents à l'extrémité ouest de l'île d'Anjouan (PANA, 2006).

- **Les courants de marée**

Dans l'archipel, les courants provoqués par les marées, sont dirigés vers l'Ouest pendant la montée des eaux, retournent avant la marée haute, et sont dirigés vers l'Est pendant la marée basse. A cause des vents saisonniers, les courants de marées peuvent être décomposés, créant un résultat de poussée vers le Nord Ouest pendant la saison sèche et vers le Sud Est, pendant la saison humide. Ces courants ont lieu dans les débouchés et estuaires. A ces endroits la rencontre des eaux fluviales et de l'eau de mer engendre également des courants de densité.

Conclusion de la première partie

Au terme de cette partie consacré au cadre général de l'étude, il est à retenir que le littoral de l'île d'Anjouan possède des écosystèmes variés mais très vulnérables. La zone est située entre Madagascar et l'Afrique de l'Est, avec des précipitations abondantes et un milieu côtier très fragile. L'absence des lagons, des cordons littoraux et l'insuffisance des mangroves ont rendus cette zone très ouverte aux événements extrêmes. Par ailleurs, la morphologie de la zone côtière de l'île a été fortement modifiée par des structures artificielles. Ainsi, la modification des côtes et les différentes activités exercées par l'homme au niveau de la zone côtière favorisent les phénomènes d'érosion.

DEUXIEME PARTIE :

LE DYNAMISME DE L'EROSION COTIERE

DE L'ILE D'ANJOUAN

L'évolution du milieu côtier reste principalement sous l'influence de paramètres naturels tels que la houle, les courants, les vagues, la marée.... Pourtant des nos jours, les activités de l'homme ont fortement modifié la dynamique du littoral et tendent à supplanter les phénomènes naturels. Ainsi, ce présent travail porte sur l'analyse générale de l'érosion côtière à Anjouan et leurs facteurs conditionnels.

CHAPITRE III : LE LITTORAL ANJOUANAIS, UN MILIEU TRES DYNAMIQUE

Le dynamisme littoral représente ainsi, non seulement une menace pour le développement touristique, mais aussi une forte atteinte à la pérennité des infrastructures. De ce fait, la description des types des côtes et l'analyse de l'érosion côtière sont donc nécessaires, car elles permettent d'étudier le rivage de l'île et de mieux connaître son état d'évolution. Cela permettra aux collectivités, de bien mener la gestion intégrée de la zone côtière.

III.1. Les différents types des côtes et leurs dynamismes

III.1.1. Les type des côtes

Le littoral est un espace dont les formes, les caractéristiques géologiques et l'évolution sont variées. Ainsi, on distingue les côtes rocheuses et les côtes meubles. Ici la description de chacune de ces côtes sera faite de façon à comprendre comment elles évoluent. A cela, nous serions en mesure de limiter les différents phénomènes érosifs sur les côtes qui nous entourent.

III.1.1.1. Les côtes rocheuses

Les paysages des côtes rocheuses sont extrêmement variés. Ils dépendent de la géologie, des conditions bioclimatiques et des agents hydrodynamiques. Sur l'île, Ils sont constitués des falaises, des platier, des récifs coralliens et des rias. Les côtes rocheuses sont généralement hautes et escarpées sans véritable plages. Les matériaux peuvent être dures ou tendres d'origines diverses. Les côtes rocheuses de l'île sont constituées de basalte.

Les côtes basaltiques sont dures et difficiles à être remaniées par les actions marines. Elles sont caractérisées par des escarpements rocheux de 2 à plus de 10 m de hauteur. Certaines d'entre elles sont sous l'eau à marée haute, d'autres à marées basse.

Photo 1: Côtes rocheuses en falaise



Photo 2: Côte basaltique sous marée basse



Source : cliché de l'auteur, septembre 2013

Elles reçoivent et fournissent un faible apport de sédiments. La capacité de transport au niveau de ces côtes est moins importante. Ce qui fait que très peu de sable s'est accumulé sur leurs rivages. Elles sont situées le long de Pouzini à Chitrouni, de Bwécouni à Sima, de Kowé à Moya sur le littoral Ouest ; au nord de Jimlimé, à l'Est de Domoni à Sadapouani et au Sud de Daji Mroni (Croquis n°2).

Les côtes des matériaux tendres sont très dynamiques et reculent dans le temps et dans l'espace. Elles sont parfois basses ou en falaise : côtes d'érosion. Les falaises sont des cas particulier de versant, dont le profil est partiellement lié à l'action érosive de la mer. On distingue les falaises mortes (stable) et les falaises vives (en érosion). Un retrait plus important est observé sur ce dernier, le long de côtes de Lambwé à Maraharé à l'Ouest de l'île. Ce type de côte est plus sensible aux processus d'érosion, provoquant ainsi, la chute de blocs et des sédiments sur la plage, lesquels sont ramassés puis transportés par les vagues, de façon à alimenter des côtes voisines. Ces décrochages au niveau de la côte, entraînent le recul de la falaise et mettent en déséquilibre les différentes installations. En effet, ces côtes fournissent énormément de sédiments sur le littoral avec une capacité de transport très élevée.

III.1.1.2. Les côtes meubles

Les côtes meubles sont les plages, les dunes, les estuaires, les deltas, les lagunes et les récifs coralliens. Elles proviennent du transfert et de l'accumulation des sédiments. C'est à dire qu'elles résultent de la sédimentation marine et fluviale ou de l'activité d'organismes vivants tels que les algues ou les invertébrés. Une position d'abri est favorable à leur genèse et ce type de côte sert de régulateur en développant d'immenses plages (DE LA TORRE Y. et AUBIE S., 2003).

Contrairement aux côtes rocheuses, qui ne peuvent que reculer, les côtes meubles subissent alternativement, parfois de façon très rapide, des phases d'accrétion¹ et d'érosion. Ces côtes meubles sont des zones de dépôts dues à l'action des vagues, à leurs courants induits et à l'hydrodynamisme fluvial. En général, elles sont ouvertes aux vagues de vent et leur morphologie est très mobile. Le littoral est globalement plus plat que les côtes rocheuses. L'engraissement pousse les plages de plus en plus vers le large, ce qui fait accroître la hauteur de leur front d'avancement (R. PASKOFF, 1998). Ainsi, les côtes meubles accumulent des sédiments, toutefois, elles distribuent d'avantage. Elles sont les plus aptes à l'installation humaine et aux aménagements touristiques.

¹ Progression de la ligne de rivage par accumulation de sédiments

Photo 3: Plage à sable corallien



Photo 4: Plage à galet



Source : cliché de l'auteur, Août 2015

III.1.2. Anjouan : un milieu côtier fragile et dynamique

Le milieu côtier représente l'interface entre le domaine terrestre et maritime. Il est constitué par différentes composantes littorales qui sont : les eaux marines, le rivage, les estuaires, les plages, les falaises et îlot. Ces composantes sont donc soumises à des agents dynamiques spécifiques que sont l'hydrodynamisme marin (la vague, la houle, la marée, etc.), facteurs climatiques (le vent, la hausse du niveau marin, les intempéries, etc.) et les activités humaines (aménagement, extraction de sable etc.). Ces facteurs changent le profil des côtes au fur de temps. Cela entraîne une importante variabilité spatiale et temporelle.

III.1.2.1. La fragilité du milieu côtier de l'île d'Anjouan

Le littoral anjouanais présente un environnement fragile en équilibre instable. Dans des nombreux secteurs, il est constitué des falaises modelées dans des roches tendres (alluvions et cendres volcaniques), (IRAT, 1972), fortement façonnées par les eaux de ruissellement et marines. Les risques de rupture sont évidemment très grands.

Photo 5: Détachement de côte à Moimoi



Photo 6: Recul des traits de côte à Pomoni



Source : cliché de l'auteur, Août 2015

Cette fragilité du milieu littoral s'explique aussi par l'exploitation abusive des ressources côtières sur l'île et la suroccupation (plus de 60% de la population). Toutefois, le littoral représente une ressource précieuse, mais limitée parce qu'il correspond à une étroite zone de contact entre le domaine continental et le monde sous-marin (A. LAOUINA, 2006). Toute occupation abusive aboutit à la consommation définitive de cette ressource, sans possibilité de reproduction. Par contre l'exploitation rationnelle et légère permet à cet espace de se perpétuer sans perdre de sa qualité.

III.1.2.2. Dynamique du milieu côtier de l'île d'Anjouan

La dynamique littorale est basée sur un système d'échange continu entre les terres émergées et le milieu marin, cet échange se réalise dans les deux sens. Les cours d'eau fournissent à la mer des matériaux variables. L'énergie des eaux marines prélève, en plus de ces apports, des matériaux directement érodés sur la ligne côtière. Ces sédiments vont des éléments fins à galets : le tableau 5 donne une classification simplifiée de ces particules sédimentaires.

Tableau 5: Classification des particules sédimentaires

	Eléments fins	sable	Gravillons	galets
Composition	Vases et limons	Grains de silices ou de calcaires	Morceaux de roche plus ou moins roulés	
Diamètres	> 60 µm	2 à 0,1 mm	2 à 26 mm	2 à 50 cm
Provenance	Dégradation des coraux et des terres	Sédiments Marins et continentaux	Apports fluviaux et érosion des berges	Embouchures de fleuves et falaises

Source : Viers. G, (1967)

Ces matériaux sont redistribués vers la mer, ou repoussés sur le littoral. Deux types de tendances peuvent être distingués : une tendance à l'érosion littorale par recul du trait de côte, ou au contraire une tendance à l'engraissement sous l'effet de l'accumulation de matériaux. Ainsi, les zones côtières peuvent prendre des formes variées qui sont dues aux résultats de deux types de tendances annoncés et aux différentes actions hydrodynamiques existantes. La mobilité sédimentaire et le type de sédiment charrié façonnent le rivage et par conséquent le littoral. L'énergie joue donc un rôle primordial dans l'aspect des côtes. Il sera strict sur un paysage de falaise et variable sur des zones intercotidales ouvertes à la houle.

Le milieu côtier de l'île d'Anjouan est très vulnérable, puisque plusieurs falaises longent le rivage et elles sont exposées directement aux actions marines. La morphologie du milieu côtier de l'île (absence des lagons, des cordons littoraux, etc.) influence la dynamique côtière, responsable de l'évolution des côtes. En fonction de sa position et de son exposition,

les côtes de l'île subissent, sous différentes formes, des événements exceptionnels comme les tempêtes et les cyclones. Les luttes internationales (PNUD, 2007) prennent cependant la situation des Comores au sérieux en avançant un Index de Risque de Catastrophe qui classe l'archipel dans les dix régions du monde les plus vulnérables aux cyclones tropicaux. Cet état s'appuie en partie sur le fait que les Comores auraient connu 40 événements météorologiques entre 1910 et 1990 ayant de graves conséquences sur les infrastructures et surtout sur les populations (GUEBOURG, 2006). Le Tableau 6 rappelle 5 principaux événements.

Tableau 6 : Cinq principaux événements ayant eu un impact sur Anjouan

Année	Nom	Catégorie	Pression (hPa)
2004	Gafilo	CT	900
2005	Ernest	TT	950
2006	Bondo	TT/CT	967
2007	Fame	TT	993
2010	Jokwe	CT	952

Source : BRGM, Météo-France, Presse local

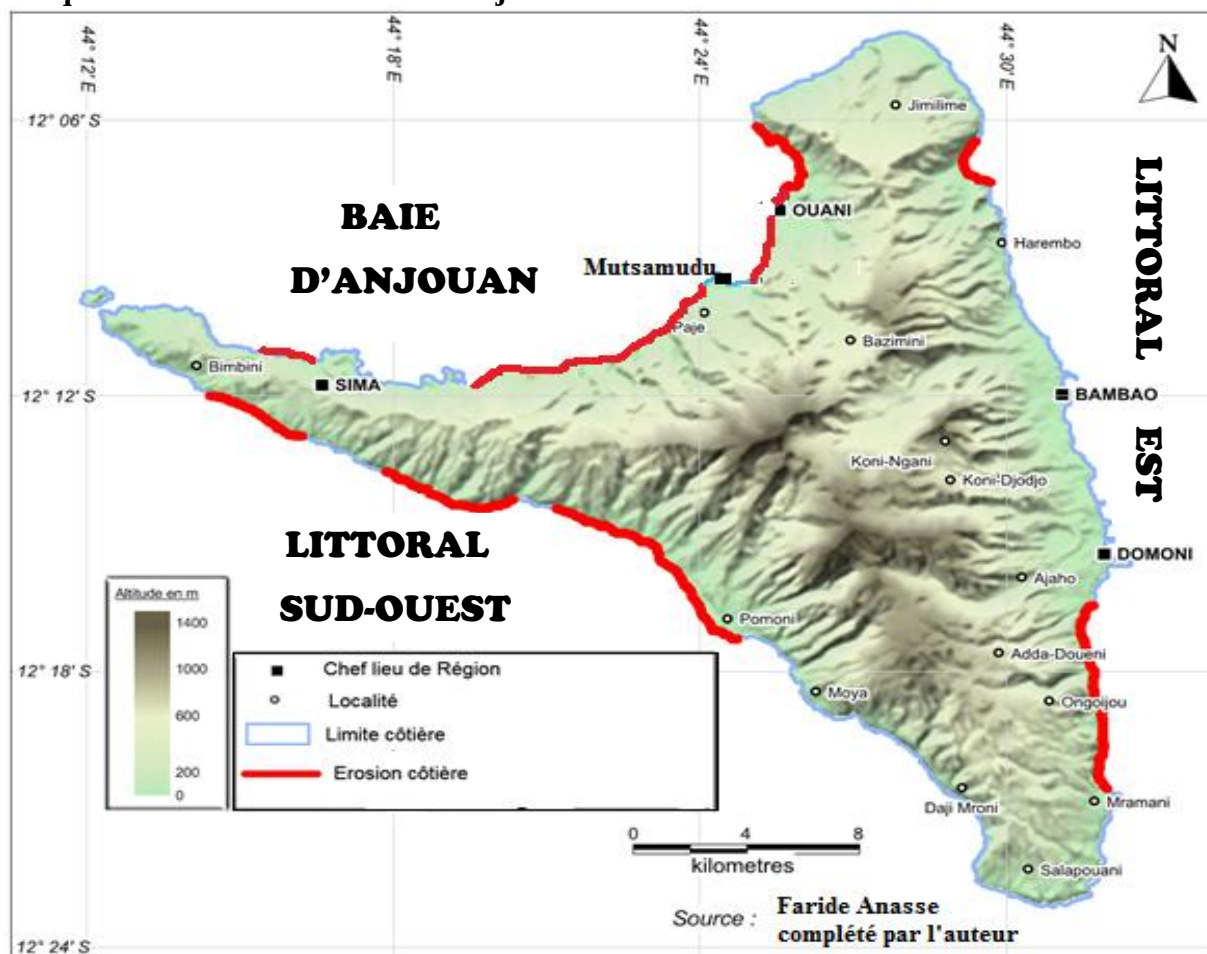
Lors de leurs passages sur l'île, ils ont donc altéré le fonctionnement normal du littoral et modifié les côtes en lui-même. Il est donc nécessaire lors de l'analyse des côtes d'avoir à l'esprit l'importance des événements cycloniques saisonniers.

III.1.2. Analyse géographique de l'érosion côtière

Il s'agit ici de montrer les zones côtières de l'île d'Anjouan affectées par les aléas érosion et submersion marine. Ainsi une évolution des côtes a également été présentée pour chaque linéaire grâce à l'observation d'indicateurs morphologiques sur le terrain et l'analyse multi-dates de carte et des images de Google earth. L'évolution globale du littoral reste cependant difficile à saisir dans son ensemble tant que la dynamique est propre à chaque façade maritime.

Les rivages du littoral de l'île reculent selon les caractéristiques morphologiques et hydromorphologiques. Ils évoluent indépendamment et sur des échelles de temps différentes. Plusieurs recherches montrent que les zones littorales de l'île ne sont pas exposées de la même manière aux actions marines. Ces dernières qui sont violentes dans la partie Ouest de l'île ont modifié profondément leurs rivages (croquis n°5). C'est ainsi que des reculs des côtes importants sont observables sur la baie d'Anjouan et le littoral Sud-ouest. Par contre, le littoral Est qui reste peu influencé par les vagues et houles agressives, l'érosion est faible. Le croquis n°5 illustre l'évolution côtière à Anjouan sur chaque façade littorale.

Croquis 5 : Evolution des côtes à Anjouan



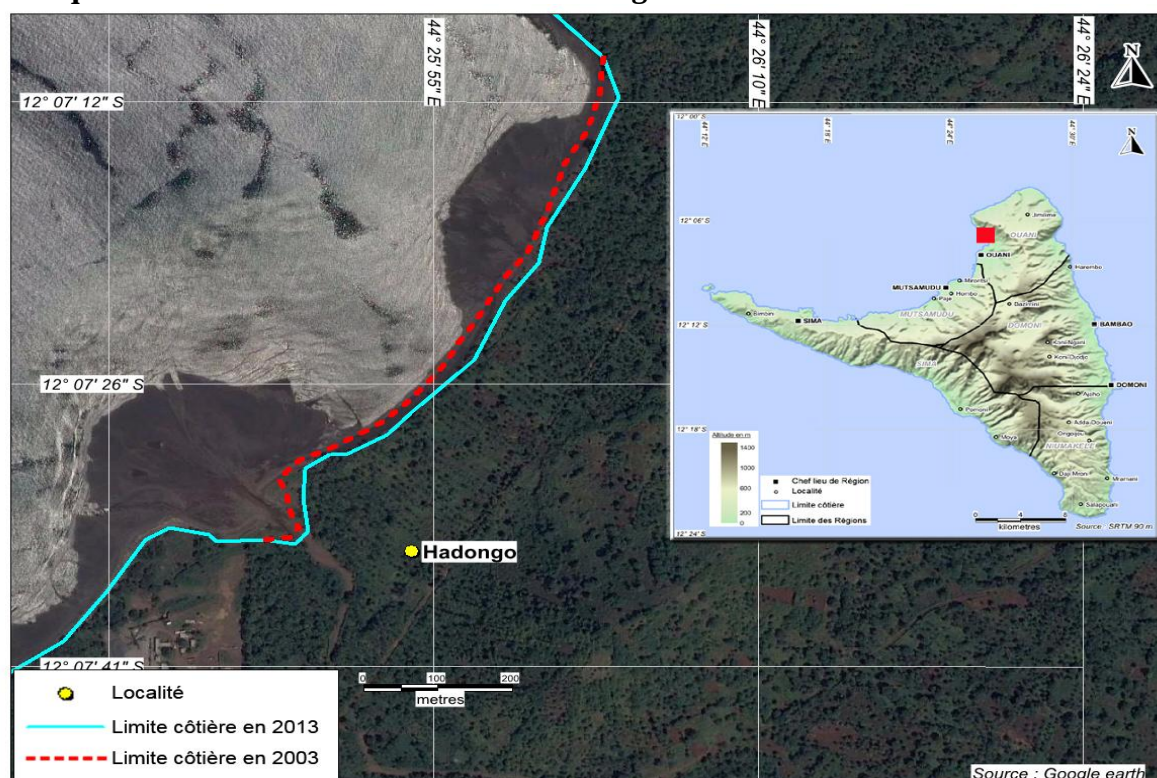
Dans l'ensemble, le littoral de l'île n'est pas stable. Sur les plages, il se produit un déséquilibre dynamique entre les mouvements saisonniers (érosion et engraissement pendant la saison des pluies et démaigrissement pendant la saison sèche). Le recul des côtes observé s'est produit lors des tempêtes exceptionnelles des périodes d'agitations. Ainsi, l'instabilité des traits des côtes devient importante sur la baie d'Anjouan, moyen sur le littoral Sud-ouest et faible sur le littoral Est (Croquis n°5). Par ailleurs, dans chacune de ces trois façades (Baie d'Anjouan, littoral Sud-ouest et littoral Est) une partie sera soutirée et présentée sous forme d'une image (Google earth) afin de montrer leurs tendances d'évolution entre 2003 et 2013.

III.1.2.1. La baie d'Anjouan

La baie d'Anjouan, se situe sur la façade Nord-ouest de l'île. Cette partie du littoral est majoritairement constituée des falaises des matériaux meubles. Au pied de ces falaises se trouvent des plages de différents types de sable, ainsi que des dépôts de blocs provenant du démantèlement des falaises ou transportés par les eaux fluviales. Les plages recouvrent l'importante plateforme d'abrasion des falaises qui n'apparaissent qu'à marée basse. Le

littoral est très aménagé : on trouve plusieurs villes importantes (Mutsamudu, Ouani, etc.) et une diversité des activités et des installations². Cette concentration a des effets néfastes sur l'environnement côtier³. De plus, elle est une zone très vulnérable aux phénomènes hydrodynamiques marins. Les côtes naturelles et artificielles sont fortement soumises à l'érosion sur cette façade. Cette érosion est engendrée pas les différentes pressions naturelles et humaines sur le rivage. Ainsi, le Croquis n°6 montre l'évolution des côtes à Hadongo au Nord de la baie d'Anjouan.

Croquis 6: Evolution de trait de côte à Hadongo



L'évolution de trait de côte est basée ici sur le recul de la falaise. Cette évolution a été mesurée sur un seul profil caractéristique qui est le rivage cartographié. L'analyse fait apparaître un recul de l'ordre de 30 m dans la partie soit une vitesse moyenne d'érosion d'environ 3 m par an. Le recul considérable de cette côte révèle l'important déséquilibre du milieu avec les phénomènes hydrodynamismes influençant ce rivage.

III.1.2.2. le littoral sud-ouest

Le littoral Sud-ouest est majoritairement caractérisé par des micro-falaises d'environ 1 à 2 mètre de hauteur et composées généralement des matériaux argileux. Plus particulièrement une forte proportion de la façade est constituée des côtes meubles. Une diversité des plages de

² Le tourisme, les activités portuaire et aéroportuaire, dépôts des hydrocarbures, murs de protection des côtes

³ Ecoulement d'eau liée à l'urbanisation littoral et besoin croissant des matériaux côtiers destinés aux travaux de chantier

sable mixte couvre le littoral Sud-ouest. On note la présence des mangroves qui s'étendent sur sept kilomètres à l'Ouest de la zone et qui couvrent huit hectares. Le littoral est fortement occupé vers l'Est. Deux grandes villes (Pomoni et Moya) s'y trouvent auxquelles s'ajoutent une vingtaine de petits villages dont l'accroissement est rapide. Les secteurs endigués couvrent une partie étroite du rivage (soit 490 m). Toutefois, la pression humaine est très importante sur l'environnement côtier. Le long des côtes, l'érosion est importante. Elle est constatée à peu près de la moitié du linéaire (Croquis n°5). La localité de Hamamboua a été choisie pour montrer la tendance d'évolution sur cette façade littorale (Croquis n°7).

Croquis 7: Evolution de trait de côte à Hamabawa



L'évolution à l'échelle décennale a entraîné le recul de la micro-falaise. Après des observations sur le terrain et selon la carte topographique de l'île, ce trait de côte est présenté par la limite des broussailles en haut d'estran. L'évolution du trait de côte a été calculée le long du profil. L'analyse fait apparaître un recul de côte de l'ordre de 20 m soit une vitesse d'érosion annuelle d'environ 2 m par an. Les observations faites sur ce rivage confirment qu'il est influencé par les extractions du sable de plage. Ainsi, l'érosion qui en résulte a été influencé par le prélèvement excessif des matériaux littoraux.

III.1.2.3. Le littoral Est

Le littoral Est connaît une particularité différentes des autres. Le seul facteur commun est l'occupation du milieu côtier. L'environnement littoral est très hétérogène : des falaises, des caps rocheux, des plaines littorales et des côtes sableuses se succèdent. La façade est presque totalement constituée des côtes naturelles puisque le rivage artificialisé ne représente que 150 m. Pourtant, les risques d'érosion n'y sont pas très variables (**Croquis n°5**). Dans l'ensemble, le littoral est majoritairement stable. Notamment, les traits de côte en extension ne sont pas nombreux. Seulement, les secteurs reculant sont les falaises situées dans le Sud et le nord de la façade (**Croquis n°5**). L'hydrodynamisme de cette partie du littoral est faible. Le croquis n°8 met en relief la dynamique côtière Sur la localité de Hajoho.

Croquis 8 : Evolution de trait de côte à Hajoho



L'évolution de côte est basée sur le recul de la micro-falaise correspondante à la partie haute de plage qui se caractérise par la limite de la végétation et de l'urbanisation. La variation de trait de côte a été mesurée sur l'ensemble de profil. L'analyse fait apparaître un recul de 15 m soit une vitesse moyenne d'environ 1,5 m par an. Ce recul s'explique en grande partie par l'exploitation massive de matériaux littoraux. Par rapport à ces trois Localités, celle de Hajoho représente un taux de recul inférieur qu'aux autres sites choisis.

CHAPITRE IV : PHENOMENES INFLUENCANT LA MORPHOLOGIE DU LITTORAL ANJOUANAIS

Parmi les phénomènes qui influencent la nature du littoral de l'île d'Anjouan, on distingue les facteurs naturels et anthropiques. Parmi les facteurs naturels, on note l'action des différents facteurs hydrodynamiques (vagues, marées, courants), les intempéries, la nature géologique du trait de côte, ainsi que la nature du rivage (stable ou mobile), l'insuffisance des mangroves et l'absence de lagons. Les phénomènes dus à l'intervention de l'homme dans l'environnement naturel sont les extractions des sables sur les plages, les aménagements réalisés sur le milieu littoral et la destruction de la couverture végétale.

VI.1. Phénomènes hydrodynamiques et géomorphologiques sur l'érosion côtière

VI.1.1. Vagues et houles

Les vagues et les houles générées par le vent sont les deux forces les plus importantes qui influencent et déterminent le comportement dynamique du milieu côtier.

Les vagues sont le résultat d'un transfert d'énergie cinétique du vent à la mer. Ses caractéristiques sont déterminées principalement par la vitesse du vent et sa durée, ainsi que par l'étendue d'eau sur lequel il souffle, que l'on appelle "fetch". Toutefois, la hauteur et le mouvement de la houle existante influent également.

Tableau 7: Hauteur des vagues (en mètre) et la description des caractéristiques.

Hauteur de la vague (en m)	Caractéristiques
De 0,1 à 0,5	Belle, vaguelettes
De 1,25 à 2,5	Agitée
De 2,5 à 4	Forte
De 4 à 6	Très forte
De 9 à 14	Très grosse

Source : Canada, guide de météo marine national (2015)

Cette interprétation montre bien que l'île d'Anjouan est exposée à des vagues de forte intensité vue la variation relative de leur hauteur annoncée (Tableau 4). Ces vagues d'intensité forte, provoquent l'usure des falaises et des microfalaises meubles. Cette action s'intensifie lorsqu'un cyclone survient en même temps qu'une grande marée. Ainsi, L'action des vagues consiste à ronger le littoral et à dégager les sédiments tombés au pied des falaises. Dans le cas de falaises rocheuses, la vague n'a d'impact que si elle est chargée de sédiments et de débris qui provoquent une abrasion du pied des escarpements et de la surface des estrans rocheux.

En outre, la majorité des côtes de l'île d'Anjouan sont exposées à des houles plus ou moins violent, générées par des vents d'Alizé et de Mousson. On observe sur la baie

d'Anjouan et sur le littoral Sud-ouest une prédominance des houles de Nord Ouest en saison chaude, associée à la Mousson (Ministère de l'Environnement, 2007). Ce dernier qui parvient sur l'île après avoir traversé l'Equateur, est chaud et humide et souffle parfois avec violence. Il est très actif à partir de décembre jusqu'en mars. C'est dans cette période que les érosions côtières sont fréquentes sur l'île plus précisément dans ces zones. Quand au littoral Est est influencé par les houles générées par le vent d'Alizé en provenance du Sud-est (VAUBAN, 1974). Ces houles sont visible à partir d'Avril jusqu'en Novembre, plus particulièrement en août et septembre. Elles n'ont pas d'influence majeure sur le milieu littoral de l'île puisqu'elles sont engendrées par des vents d'intensité faible. Après avoir franchi Madagascar, ils perdent leur intensité lorsqu'ils pénètrent l'intérieur des terres. Toutefois, le littoral anjouanais a été exposé par des houles exceptionnelles produites par les différentes dépressions cycloniques qu'a connues la région. Ces houles exceptionnelles ont entraîné un recul important du rivage de l'île. Les dégâts furent essentiellement économique puisque lors de recul des rivages, les infrastructures comme les routes, l'aéroport, les murs de protection, etc. sont fortement abattues. Les photos 3 et 4 montrent le recul des côtes et destruction des digues lors du passage de Gafilo en 2004.

Photo 7: Réseau routier détruit



Photo 8: Destruction des digues



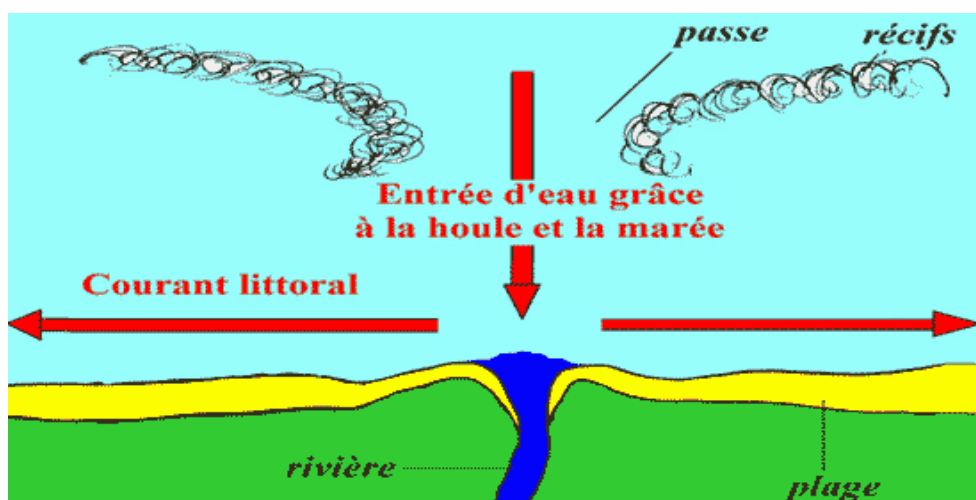
Source : cliché de l'auteur, Septembre 2013

Par suite du fort marnage (maxima allant jusqu'à 4 m), l'énergie des vagues libérée au déferlement atteint directement le haut de plage et se concentre sur des estrans plus larges. Plus important est peut-être le fait que les houles, de courte période notamment, se présentent souvent obliquement par rapport aux rivages, créant ainsi des courants littoraux et des courants de retour qui transportent latéralement et vers le large d'énormes quantités de sédiments.

VI.1.2. Courants littoraux ou de dérive

Les courants littoraux sont des courants plus ou moins parallèles à la côte. Ils sont créés par la houle, engendrés en mer par le vent, et l'entrée et la sortie de l'eau en fonction des marées. Lorsque l'eau arrivant de la passe frappe le rivage avec un certain angle, elle s'empile et va se déplacer parallèlement au rivage (Figure n°1).

Figure 1 : Formation d'un courant littoral



Source: réunion.fr/.../5ch4_seq3-act1.htm

Les grains de sables déposés sur nos plages sont perpétuellement repris par ces courants et redéposés ailleurs. Ainsi, les courants littoraux transportent continuellement le sable de plage. A grande échelle, les dépôts sédimentaires s'enchaînent régulièrement en fonction de la variation d'énergie hydrodynamique du milieu. Ainsi, les zones de forte énergie (littoral Nord-ouest) correspondent à des fonds caillouteux et localement rocheux. Dans ces zones, les sédiments grossiers (blocs rocheux et graviers) forment l'unité sédimentaire fondamentale du domaine du large.

Photo 9: Accumulation des graviers



Photo 10: Dépôts des blocs rocheux



Source : cliché de l'auteur, Août 2015

Là où les courants s'affaiblissent (littoral Est de l'île), les dépôts graveleux, puis sableux, voire vaseux sont observés. Par conséquent, des enchaînements sédimentaires se mettent en place avec une granulométrie décroissante en fonction de la diminution de l'énergie du milieu. On note l'existence de fonds de cailloutis plus limités au Sud-ouest. Dans l'île d'Anjouan, le transit littoral provoqué par le courant littoral, reste inconnue puisqu'aucun bilan sédimentaire n'a jamais été réalisé. L'interruption du transit littoral par les graus, estuaires, ou par des structures artificielles implantées sur les estrans de plages, influence le budget et l'équilibre sédimentaire des unités littorales.

Figure 2 : Conséquence d'un estuaire lors de la dérive littorale



Source : Google earth, complété par l'auteur

Par rapport au sens de la dérive littorale, une sédimentation se produit sur la plage qui se situe en amont de l'estuaire par contre celle qui se localise ici en aval est en érosion.

VI.1.3. Courant de retour ou de déchirure

Les vagues déferlantes au voisinage des côtes produisent également un autre effet. Elles se forment des courants de retour, où l'eau accumulée au rivage retransverse la zone de déferlement dans des secteurs pouvant avoir jusqu'à 30 m de large. Leurs vitesses peuvent aller jusqu'à 2 m/s, avant de se disperser vers le large (M. DEGBE C. G. E, 2009). Ces nappes d'eau peuvent transporter vers le large d'énormes quantités de sédiments. Imprévisibles et puissantes au niveau des plages, elles jouent un rôle très important dans les phénomènes de transfert des sédiments vers le large, et d'érosion littorale. Ces courants n'ont seulement pas d'impact sur les côtes mais aussi dangereux pour les baigneurs et les plongeurs. Le déferlement de la houle et le courant littoral de houle ont une grande

importance dans l'origine de ces courants de retour. Il n'existe pas d'informations sur la capacité de transport sédimentaire des courants de retour dans notre zone d'étude.

VI.1.4. Courants de marée

Au large des côtes de l'île, la marée est principalement semi-diurne, avec deux hauteurs maximales et minimales par jour. Le marnage qui varie à l'intérieur de la région, reste généralement inférieur ou égal à 4 m (voir tableau n°3). Par suite de cette hauteur, on a l'idée à dire que les courants de marée sont généralement forts. En général, cela se vérifie pour les littoraux rectilignes fortement indentés, en plus la situation est différente pour des zones littorales avec présence de baies profondes, d'estuaires et de chenaux de marée. Ces courants transportent ainsi des sédiments vers le large en panaches bordés d'écume d'eau turbulente que l'on aperçoit au large des côtes et sur les rivages. En général, les marées génèrent dans les graus et estuaires de forts courants qui sont assez puissant pour déplacer le sable et même les graviers, mais les vitesses maximales sont particulièrement remarquables dans la barre des estuaires à marée descendante (SHOM, 2011). Les marées montantes, de plus courte durée, engendrent des vitesses plus ou moins faibles. Le courant de marée, lorsqu'il s'oppose à la direction de la houle ou du vent, lève une mer qui peut être très dangereuse lorsque la force du courant est importante : les vagues sont hautes, abruptes et souvent viennent des directions différentes.

En fin, il est à avancer que l'érosion de plage est un phénomène naturel, résultant de l'action de la houle, des courants et des marées. Ces manifestations naturelles, en fonction de leur force et de leur orientation, arrachent plus ou moins de sable à la plage, pour le déplacer plus loin : le déplacer latéralement sur la plage (courants de dérive, houle, marées) le retirer hors du littoral (marées, courants de déchirure). Ces actions naturelles entraînent la libre évolution du littoral depuis des siècles, façonnent le trait des côtes au fil des intempéries et des apports en sédiments.

VI.2. Relief côtier

Le relief côtier de l'île d'Anjouan apparaît globalement fragile et dynamique, généralement composé de formations sédimentaires meubles et érodables. Les caps rocheux constituent moins de 30 % du linéaire côtier (IGN, 1955). Ils sont constitués plus ou moins de formations fracturées et altérées, quelquefois soumis à l'érosion et au recul. Le reste du littoral est caractérisé par des plages sableuses ou argileuses généralement séparées par des

caps rocheux. Très souvent, des formations végétales se sont établies en arrière des plages et reposent dans des pentes plus ou moins fortes. Ces littoraux meubles sont particulièrement sensibles aux différents facteurs issus du milieu marin et atmosphérique (vagues, courants, marées) qui influencent leur évolution. Par rapport au relief très élevé du milieu littoral de l'île, toute élévation de la surface de la mer près de la côte ne provoque pas un transfert de l'eau vers la terre. Par conséquent, cette élévation entraîne le recul des côtes dans un milieu aussi fragile qu'Anjouan.

VI.3. Déplacements des sédiments et instabilités des côtes

Le transit sédimentaire littoral devient important vers l'Ouest (depuis Hajoho jusqu'à Pomoni). L'instabilité du trait de côte devient préoccupante à Hajoho, Ouani, Mirontsi, Pouzini, Mtsagani Sima, Vassi et Hamabawa. Le Schéma de principe de recul de cette partie du littoral est le suivant :

En saison sèche de juin à septembre, la faible houle est à l'origine, des vagues peu agressives, qui déferlent à proximité du rivage et de la remontée du matériel de l'avant plage vers la plage. En raison de cet engraissement saisonnier, les plages s'élargissent et éloignent la ligne de rivage des falaises qui se stabilisent. Avec les fortes houles de la saison des pluies, de mi-novembre à mi-avril, les sédiments, qui tendaient à protéger le trait de côtes de l'action marine, sont happés par des vagues les plus vigoureuses et sont entraînés vers l'avant plage. Avec le démaigrissement progressif des plages, la falaise devient vive et régulièrement battue par les vagues. Après avoir débarrassé les débris relatifs à la saison des pluies précédentes, l'impact des vagues exerce une pression considérable au pied de la falaise et contribue essentiellement à l'effondrement des parois. Le fait que les surfaces gagnées par les accumulations sableuses en saison sèche soient inférieures aux surfaces perdues en saison des pluies entraînent une déstabilisation de la falaise. Ce processus traduit un déséquilibre de la dynamique littorale et un déficit du budget sédimentaire. Tandis que ce déséquilibre entraîne respectivement l'engraissement ou l'érosion littorale.

VI.4. L'influence de l'homme sur l'érosion côtière

L'intervention de l'homme sur l'environnement naturel peut générer des impacts sur l'équilibre du littoral dans la région. Parmi ces actions anthropiques, on peut citer l'extraction de sables et de graviers, les différents aménagements sur la zone côtière et destruction de la couverture végétale. Ces actions contribuent à la dégradation des côtes et à la pénurie des sédiments sur les plages.

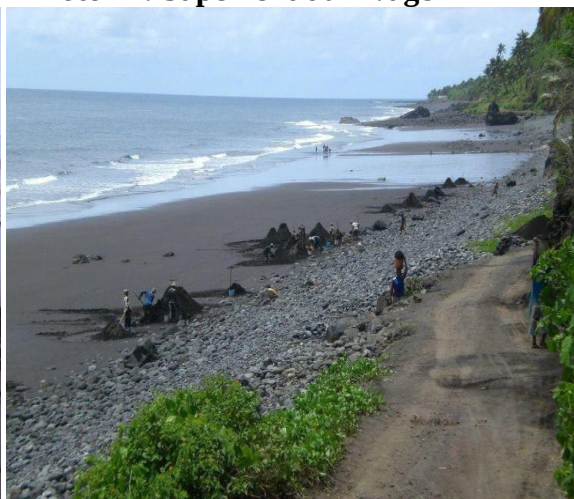
VI.4.1. Extraction de sable

L'extraction de sable et de gravier pour la construction est une pratique courante sur l'île d'Anjouan. Cette activité concerne plus de 700 emplois sur l'île. Le besoin sans cesse de sable côtier pousse la population riveraine à extraire en masse cette ressource. Ces matériaux de construction proviennent soit des estuaires, soit de la plage elle-même. L'extraction de sable et de gravier dans les cours d'eau côtiers et particulièrement dans les estuaires tend à réduire considérablement la quantité de sédiments fluviaux apportés sur la côte, ce qui accélère le recul de la plage. A Anjouan, le prélèvement de sable dans les cours d'eau côtiers et les estuaires est un des facteurs responsables de l'érosion des rivages de l'estuaire. Par ailleurs, l'extraction de sable exercée directement sur les plages entame sérieusement la réserve de sédiments qui s'y trouve, et provoque ou accélère le recul de la plage. Des observations faites sur l'île ont permis d'estimer les quantités de sable extraites à 14122 m³ au mois de novembre 2009. On peut avancer que l'érosion sur les littoraux Nord-ouest et Sud-est est en rapport direct avec l'extraction de sable sur la plage. Egalement, les extractions intensives de sable sur la plage et sur la barre côtière dans l'île d'Anjouan pendant plusieurs années ont provoqué un important recul de la plage (PNUD, 2009). Le prélèvement du sable sur les rivières et les plages est une cause évidente d'érosion côtière dans l'île. Dans les localités où l'extraction de sable atteint le 500 m³, les érosions côtières sont énormes.

Photo 11: Extraction de sable fin



Photo 12: Sapement du rivage



Source : cliché de l'auteur, Août 2015

VI.4.2. Les différents aménagements de la zone côtière

Les murs de protection et la jetée sont les différents aménagements réalisés sur le milieu littoral de l'île d'Anjouan. Ces installations ont des impacts directs sur le processus de l'érosion côtière. Ces structures ont des effets néfastes sur la zone côtière. Elles modifient les apports sédimentaires et l'hydrodynamisme marin. Ainsi les murs de protection, lorsqu'elles

sont attaquées par les houles des tempêtes, renforcent la turbulence des digues provoquent l'enlèvement de sable à leurs pieds, abaissent le profil de plage, ce qui a pour résultat l'avancé de la mer. Par ailleurs, les murs de protection accentuent les processus d'érosion. L'affouillement de la base des murs conduit à leur rupture. Ces phénomènes prennent une grande ampleur sur l'île d'Anjouan où l'affouillement et les ruptures sont remarquables.

Photo 13: Digue déstabilisée



Photo 14: Affouillement du pied de mur



Source : cliché de l'auteur, Août 2015

Ces interventions, si elles parviennent parfois à résoudre localement le problème, finissent souvent de le déplacer sur les plages adjacentes.

La construction d'ouvrages portuaires qui induit souvent un barrage au transport de sédiment le long de la côte, peut entraîner des graves déficits sédimentaires sur les plages situées en aval de l'ouvrage par apport au sens de la dérive littorale. A cela une jetée perturbe l'équilibre des transports sédimentaires. En bloquant les matériaux sur la face alimentée de l'ouvrage, elle provoque une érosion et un déficit de sable dans l'autre côté.

Figure 3 : Conséquence d'une jetée sur la plage



Source : Google earth, arrangement de l'auteur

La construction de port de Mutsamudu est une cause majeure de l'érosion en Ouest de la baie d'Anjouan. Cette structure portuaire quasi-perpendiculaire au rivage, joue donc le rôle de barrières pour la dérive littorale des sédiments. Ainsi se produit une sédimentation en amont de l'ouvrage par rapport au transit littoral, alors qu'en aval se produit une érosion spectaculaire (Figure n°2). L'érosion à l'ouest du port de Mutsamudu est en grande partie manifestée par cet obstacle.

Notamment, la construction d'une jetée et d'un mur, modifie localement les courants côtiers et peut entraîner un dépôt de sable sur place, mais aussi une érosion plus loin. En effet le sable s'étant déposé à un autre endroit, ils arrivent plus sur son lieu de dépôt d'origine. Comme partout ailleurs où l'érosion menace la côte, ses routes et ses habitations, des murs de protection ont été mise en place pour limiter le recul du trait de côte

VI.4.3. Destruction de la couverture végétale

La couverture végétale joue un rôle important dans la protection des sédiments côtiers, en les colonisant et en les fixant. La suppression accélérée de cette végétation côtière, poursuivie pour faire place à des constructions, intensifie le ruissellement de surface et rend la zone ainsi dénudée plus vulnérable à l'infiltration et aux glissements de terrain, ainsi qu'à l'action des vagues, des vents et des courants. De plus, la dégradation de la couverture végétale sur la zone côtière favorise le ravinement et le déclenchement de mouvement de terrain. Ce phénomène contribue à augmenter l'apport en sable vers les littoraux, mais également à la recrudescence de l'érosion des traits des côtes. Dans la végétation côtière, la mangrove fournit une protection très efficace contre l'érosion des sédiments. Cependant, la forêt de mangroves est mise à contribution. Les arbres sont abattus pour le bois de construction et divers autres usages : construction de repères pour les nasses des pêcheurs, bois de chauffage pour la cuisine, construction de fours traditionnels. C'est pourquoi l'érosion littorale est visible là où les mangroves ont été décimées à Bimbini. A Anjouan les constructions des routes aux bords de la mer contribuent également à la destruction de la végétation et à l'érosion côtière qui l'accompagne.

VI.5. Quelques perspectives sur l'érosion côtière à Anjouan

La mobilité des côtes est un phénomène naturel qui se produit sous l'influence des vagues, des courants, et de la nature des côtes. Elle peut cependant être modifiée par les activités humaines. Par ailleurs, les événements climatiques exceptionnels, associés à des coefficients de marée importants, peuvent entraîner l'inondation du littoral par submersion

marine. Ainsi, la construction d'infrastructure de développement et d'ouvrage nécessite au préalable une étude d'impact environnemental. Le non respect de cette règle de base pour un développement durable a des répercussions graves aux conséquences difficiles à gérer. En effet, les aménagements réalisés à proximité des rivages côtiers et qui n'ont pas pris en compte les implications que leurs réalisations pourraient avoir sur l'environnement subissent aujourd'hui toutes sortes d'agression marine. Pour lutter contre cette érosion, l'Etat comorien a mis en place des digues qui consistent en la protection du haut de plage. Cette technique a permis en son temps de sauver les infrastructures. Aujourd'hui, la menace refait surface et les autorités et les ONG ont décidé de se battre pour sauver ces infrastructures. Le gouvernement de l'île se préoccupe de l'état actuel des nos côtes mais il oublie l'une des causes jugées majeures de l'érosion côtière à Anjouan qui est l'extraction de sable de plage. Une activité que l'Etat aie le pouvoir de l'interdire.

Pour lutter contre l'érosion côtière à Anjouan, il faut avant tout penser la question de la dégradation d'origine humaine du milieu côtier. Se demander comment peut-on faire pour limiter la pression sur les ressources côtières dont le pays est victime ? A cela la création des activités rentables semble nécessaire, par exemple développer le secteur agricole et créer les petits emplois pour réduire le chômage. L'extraction de sable à Anjouan a une importance économique auprès des usagers. Ainsi, interdire cette activité, mérite à méditer l'avenir de ses usagers. Toutefois, empêcher l'extraction du sable sur l'île, c'est un aspect majeur pour la lutte contre l'érosion côtière. Il est temps de contrôler l'évolution de nos côtes afin d'assurer le développement durable. Dans cet effet une gestion intégrale de la zone côtière est donc nécessaire. Parallèlement, l'interdiction absolue de prélèvement de sable sur les plages permettra à ces dernières de garder leur profil original ce qui maintiendra les structures déjà mises en place. De plus, on peut mettre en place des obstacles artificiels qui ont pour effet de diminuer l'énergie des courants et dont la capacité de transport. Différents ouvrages sont jugés capables de jouer ce rôle, comme par exemple les digues de roche, les épis et la végétation. Ces différents ouvrages peuvent être plus ou moins efficaces selon l'environnement dans lequel ils sont mis en place. A ce propos, l'installation de ses ouvrages nécessite la présence d'un expert en géomorphologie du milieu côtier. Celui-là va caractériser le milieu récepteur afin de déterminer le plus exactement le type d'ouvrage à privilégier et connaître ses particularités pour mieux assurer son efficacité.

Conclusion de la deuxième partie

Il est certes vrai que l'île d'Anjouan est beaucoup menacée par le phénomène de l'érosion côtière. Cette dernière est due par différents facteurs typiques de l'île : nature des côtes, l'hydrodynamisme marin visible dans la région et la pression exercée sur les ressources côtières d'origine humaine. Ces processus qui modifient les côtes, laissent derrière eux des conséquences économiques inestimables. Des infrastructures comme les routes, aéroport et digue sont lourdement touchées par le phénomène d'érosion côtière. Les résultats montrent clairement que les diverses activités anthropiques sont les principales causes de dégradation hydrodynamique du milieu. Ainsi, les phénomènes naturels viennent aggraver une situation déjà courante. Il apparaît donc primordial d'améliorer nos connaissances sur ce phénomène afin de comprendre et d'en limiter les impacts.

CONCLUSION GENERALE

L'état du milieu physique et les actions marines se conjuguent étroitement pour donner à la zone littorale de l'île d'Anjouan sa morphologie actuelle. Toutefois, au cours de ces dernières décennies, les interventions humaines sont devenues un facteur de plus en plus important dans l'évolution de la zone littorale. Par ailleurs, la fragilité des côtes de l'île d'Anjouan est donc influencée par les actions naturelles et la pression humaine.

En outre, le littoral anjouanais, présente trois ensembles distincts. Le premier, la baie d'Anjouan, qui constitue dans l'ensemble une zone non protégée, a subi une forte érosion le long de son rivage. L'évolution des côtes s'explique par la variation importante des actions marine et le besoins croissant des matériaux littoraux. Si la situation reste à cet état, l'évolution des côtes devrait s'accélérer suite aux différentes structures installées et aux besoins croissants des sédiments côtiers. Par ailleurs, le deuxième ensemble qui est le littoral sud-ouest, est une zone plus ou moins protégée mais connaît un problème d'ensablement important. A ce déficit sédimentaire, la population soutire par jour de centaine de mètres cubes des matériaux côtiers. A ce propos, l'érosion sur le rivage sud-ouest de l'île est due en général par cette carence sédimentaire. Cela s'est accentué lorsque des milliers de mètres cubes de sable ont été enlevés sur les plages chaque année. Par contre, le troisième ensemble qui concerne le littoral Est subit peu d'influence hydrodynamique, c'est pourquoi il reste une zone stable. La variation marine n'engendre pas des conséquences sur son milieu littoral. La preuve en est que, c'est le rivage de l'île où les côtes sont rarement artificialisées vu que l'érosion n'est pas très avancée. Toutefois, la pression humaine est aussi importante dans certaines localités et mérite d'être prise en considération.

En effet, l'érosion sur les côtes anjouanaises, a permis d'analyser les principaux aménagements réalisés sur le milieu littoral et de distinguer les différentes sortes de dégradations sur les plages. Au niveau de l'île d'Anjouan, on peut toutefois reconnaître que le recul du trait des côtes est pour l'instant difficilement perceptible à partir des images satellites. Les mesures de défense annoncées doivent néanmoins être prises en compte afin de maintenir les structures déjà mises en place. Les phénomènes d'érosion côtière, très sensibles sur les côtes anjouanaises, ont été étudiés à différentes échelles de temps. En effet, sur les côtes anjouanaises, les phénomènes de recul de la ligne de rivage est très remarquable sur les différentes sortes des captures d'images. En fin, le problème est loin d'être résolu puisque l'avancée prévisible de la mer, menacera à terme le rivage et les constructions situées sur le haut de la plage.

BIBLIOGRAPHIE

I-Ouvrages généraux

- 1- ABDELLAH (L), 2006 : Le littoral marocain, milieux côtier et marin. 30p
- 2- ALAIN (H), 2013 : Risques côtiers d'érosion et de submersion, 37p
- 3- BATTISTINI (R). ET VERIN (P). (1984) : Géographie des Comores, Poitiers, Nathan, 142 p.
- 4- DE LA TORRE Y. ; DOLIQUE F. (IRD, Géodal) et JEANSON M. (Géodal), 2006 : Morphologie des littoraux de Mayotte, 73p
- 5- EDOUARD (S), THOMAS (D), 2012 : Mer et Littoral : l'érosion côtière, 24p
- 6- GUILCHER (A). 1954. Morphologie littorale et sous marine. Paris PUF, 210 pages.
- 7- PASKOFF, (R). 1985. Les littoraux: Impact des aménagements sur leur évolution. Coll. «géographie». Paris, pp.11.
- 8- PASKOFF, (R). (1998) : La crise des plages : pénurie de sédiments. Mappemonde, 52-4, 11-15p
- 9- PASKOFF, (R). 2000 : Les plages et l'élévation du niveau de la mer : risques et réponses » in Le changement climatique et les espaces côtiers, Actes de Colloques d'Arles, 14-20pp
- 10- PASKOFF, (R). 2002. Côtes en danger. Coll. «Pratique de la géographie». Édit Masson, Paris, 1992, pp 58-59.
- 11- PASKOFF, (R). 2005. Les plages vont-elles disparaître? Édit: Le Pommier, Paris 2005, 57p
- 12- PIRAZOLLI, P (A). 1993. Les littoraux. : Impact des aménagements sur leur évolution. Coll. «Géographie d'aujourd'hui». Paris, p 37-49.
- 13- TRICART (J). [1972]- Reconnaissance géomorphologique de l'île d'Anjouan. Revue de Géographie, n° 21, Madagascar, p. 79-99.
- 14- VIERS (G). (1967) Eléments de géomorphologie. Editions Nathan 207 p.

II. Ouvrages spécifiques.

- 15- BACAR DOSAR (M). & ROBY (D). 2000 : Stratégie nationale et plan d'action pour la conservation de la diversité biologique. Direction générale de l'environnement de la République Fédérale Islamique des Comores, 167p

- 16- BERNATCHEZ, P; DUBOIS, J.-M.M. 2004. Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. Géographie physique et quaternaire, vol. 58, no 1, p. 45-71.
- 17- De La TORRE Y. et AUBIE S. (2003) : Etude de la morpho-dynamique des littoraux de Mayotte, 164p
- 18- GUYOMARD D. et PETIT M. 2001 : Hydroclimat du Sud-Ouest de l'Océan Indien et Océanographie spatiale, 33p
- 19- LATRILLE E. et SUBREVILLE (G). 1977 : Exploitation agronomique des cartes de l'inventaire des terres cultivables (aux Comores), IRAT, 35 p.
- 20- LECACHEUX (S). BELOUIN (Y). DE LA TORRE (Y). 2007 : Modélisation des houles d'origine cyclonique à Mayotte, 114p
- 21- GARRY (G). GRASZK (E). TOULEMONT (M). et LEVOY (F). 1997 : Plans de prévention des risques littoraux. Guide méthodologique. La documentation française. Paris, 54p.
- 22- MOHAMED (M). 2003 : Etude sédimentologique du remplissage de la lagune de Sidi Moussa (Côte Atlantique Marocaine) caractéristique granulométrique, minéralogique et géochimique, 133p
- 23- PNUD, 2007 : Etudes De Vulnérabilité, Identification Des Principales Mesures D'adaptation Et Des Options Prioritaires De Riposte Aux Changements Climatiques, 75p.
- 24- TRAODEC (R), SINANE (K). , DAVID (G). et PENNOBER (G). 2009 : Fragilisation et modification des formations littorales meubles sur l'île d'Anjouan (Comores) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique, PNUD, 29p.
- 25- RAZAFIMBELO (M). MANDIMBIARISON (A). RAJAONA (R). RASOLOMANANA E). 2013 : Problématique de l'érosion du littoral de Morondava, Madamines, ISSN 2220-0681, Vol 5
- 26- Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) (2005) Etude portant sur l'élaboration d'un programme régional de lutte contre l'érosion côtière. Volume1 : Programme régional de lutte contre l'érosion côtière dans les pays côtiers membres de l'UEMOA. 102p.

III-Revue, articles et journaux

- 27- BATTI (A). DEPRAETERE (C). (2007) – Panorama des méthodes d'analyse de l'érosion dans un contexte insulaire. Rapport, 28 pages, juin 2007

- 28- CLUS-AUBY (C). PASKOFF (R). et VERGER (F). – Conservatoire du littoral (2004) – Impact du changement climatique sur le patrimoine du conservatoire du littoral : scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100. Synthèse, 44 pages, 2004
- 29- COLLOQUE INTERNATIONAL, 2014 : connaissance et compréhension des risques côtiers : aléas, enjeux, représentations, gestion, 487p
- 30- DEGBE Cossi Georges Epiphane (M). 2009 : Géomorphologie et érosion côtière dans le Golfe Géomorphologie et érosion côtière dans le Golfe, Master II de Science en Océanographie physique, Université d'Abomey-Calavi, 100p
- 31- FAOUZIA (M). ABDOULHALIK (M). HAMIDOU (A). 1998 : analyse des phénomènes d'érosion côtière au niveau des sites pilotes de la grande Comore, 30p
- 32- GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat). 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève : ONU, 103p
- 33- LECAPLAIN (M). 2005 : Suivi du littoral bas-normand : techniques et méthodes mise en œuvre. Rapport de stage de fin d'études, 53 pages – Promotion Peter Blake (2002-2005) – INTECHMER
- 34- MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENERGIE, 2012 : Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers, Zoom sur le littoral de la Réunion, 63p
- 35- MINISTERE DE LA PRODUCTION ET DE L'ENVIRONNEMENT, 2002 : Profil Environnemental de l'Union des Comores, 22p
- 36- MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENERGIE, 2012 : Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers, Zoom sur le littoral de la Réunion, 63p
- 37- MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL, DE LA PECHE, DE L'ARTISANAT ET DE L'ENVIRONNEMENT, 2006 : Programme d'Action Nationale d'Adaptation aux Changement Climatique, 92p
- 38- MINISTERE DE L'AGRICULTURE DE LA PECHE ET DE L'ENVIRONNEMENT : Rapport national pour l'environnement marin et côtier. P.39
- 39- UNION DES COMORES, 2002 : Communication Nationale Initiale Sur le Changement Climatique, 12p
- 40- UNION DES COMORES, 2004 : Profil Environnemental de l'Union des Comores, 22p

- 41- Yvonne BATTIAU-QUENEY, (2015), l'érosion des côtes : l'homme est la principale menace, 29p

IV-Mémoires et Thèses

- 42- ABDOU (H), 2012. L'évolution de l'appui au développement dans les îles d'Anjouan et de Mohéli, Thèse de Doctorat de Géographie, Université d'Antananarivo, 137p
- 43- DAMIR (H). 2014 : Espace agricole et espace côtier face à l'érosion à l'île d'Anjouan dans l'archipel des Comores, Mémoire de Maîtrise en Géographie, Université d'Antananarivo, 109p
- 44- HAMIDOU LY, 2011 : Dynamique du trait de côte des régions normandes et picardes et présentation des métadonnées : approche cartographique, Mémoire de Master 2 en Géoenvironnement, Université Marne la Vallée, 52p
- 45- LETORTU (P). 2009 : Risques naturels en Manche orientale et centrale : le recul des falaises à matériel cohérent et les inondations par la mer. Mémoire de Master 2 Recherche en Géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 221 pages
- 46- MADOUNI, A. 1997. «Géomorphologie et aménagement du littoral de Kenitra (de part et d'autre de l'estuaire du Sebou)>>. Thèse de Doctorat en Géographie, Brest, 285p.
- 47- MIRHANE (N). 2014 : Dynamique d'évolution des géosystèmes en milieu tropical humide : Approche par les bassins versants d'Anjouan aux Comores, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Toliara, 256p
- 48- MOUZAOIR HABIBOU (A) (2003) : L'exploitation des récifs coralliens de Ndzouani (Anjouan) et les conséquences environnementales de la fabrication des coraux, Mémoire de Maîtrise, université de Tuléar, 134 p.
- 49- NIANG (D). 1995.- L'érosion côtière sur la Petite côte du Sénégal : à partir de l'exemple de Rufisque passé, présent, futur. Thèse Doctorat d'état Géologie, Université d'Angers, 379p
- 50- SIDIKI (S), 2013 : Conséquence de l'érosion côtière sur le littoral ivoirien, - Brevet de Technicien Supérieur, Ecole Supérieur de Technologie LOKO, 54p
- 51- SOIFFAOUIDDINE (S), 2011 : Croissance Démographique et Dégradation de l'Environnement Naturel à Anjouan Comores, Thèse de Doctorat de Géographie, Université d'Antananarivo, 330p.

III-Sites Internet

- 52- WWW.amazone.fr/Morphologie-littorale et sous marine, consulté le 17 octobre 2015
- 53- URL : cotesacotes.org/.../cotesacotes-belzile. Comprendre l'érosion littorale, Consulté le 16 janvier 2014
- 54- URL : littoral.aquitaine.fr/ Dossier érosion. Consulté 16 janvier 2014
- 55- www.sifree.org/.../8_MOUNGANGA_..., consulté le 8 Août 2015
- 56- www.finistere.fr/.../Analyse-statistique-et-cartographie-de/l'erosion/marine, consulté le 27 Juillet 2015
- 57- URL : www.zipcng.org/.../ Erosion des berges. Consulté le 16 janvier 2014
- 58- [www.onml.fr/.../Erosion-côteière-sur-le-littoral-métropolitain](http://www.onml.fr/.../Erosion-cotiere-sur-le-littoral-metropolitain), consulté le 24 octobre 2015
- 59- www.unep.org/.../Comores_National_sta... Consulté le 09 septembre 2014
- 60- <https://www.u-picardie.fr/.../Grenoble>, consulté le 05 Novembre 2015
- 61- www.comoes-online.com/.../f000160, Programme régional environnement COI/FED-Comores Online, consulté le 05 Novembre 2015
- 62- grenet.drimm.u-bordeaux1.fr/.../CAPO_..., hydrodynamique et dynamique sédimentaire en milieu tropical, consulté le 27 juillet 2015
- 63- <https://www.erudit.org/.../013110ar.html>, bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion côtière dans l'estuaire et le golf du Saint-Laurent, consulté le 08 Août 2015

ANNEXE

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRES	52
ANNEXE 2 : Profil de plage sableuse (état stable (A) et actif (A))	54
ANNEXE 3: Vent comme phénomène hydrodynamique	54
ANNEXE 4: Dynamiques des côtes.....	55
ANNEXE 5: Croquis de localisation des plages et quantification des extractions.....	56
ANNEXE 6 : Erosion des côtes et dérive littorale	56
ANNEXE 7 : Facteurs de l'érosion côtière	57
ANNEXE 8: Carte des courants marins à Anjouan	58
ANNEXE 9: Les différents types d'ouvrage et leurs rôles	58
ANNEXE 10: Les principales plages des Comores	59
ANNEXE 11 : Les aménagements côtiers	59
ANNEXE 12: Les rivages endigués et le nombre de km	60

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRES

1- Présentation de la personne

Catégories	Nom	Prénom	Âge	Scolarisation	Niveau d'éducation	Villages
Femme						
Homme						
Enfant						

2- Quelle est votre activité principale ?

- Agriculteurs (%)
- Autres activités (%)
- Sans emplois (%)

3- Pourquoi extraire le sable ?

- Besoin personnels (%)
- Pour la vente (%)
- Autres (%)

4- Arriviez-vous à extraire combien de m³ de sable par jour ? (...m³)

5- Il vous faut combien de jours pour extraire un camion de sable ? (...jours)

6- Combien vous gagniez par mois ? (...Fc)

7- Quels types de sable extrayez-vous ?

- Sable fin
- Sable moyen
- Gravillon

8- Etes-vous dérangés par les autorités en extrayant le sable ?

- Oui, pourquoi ?
- Non, pourquoi ?

9- Quelles difficultés rencontriez-vous ?

-
-

ENQUETES POUR D'AUTRES PERSONNES SOURCES :

1- Peut-on dire que les causes de l'érosion côtière sont liées à :

- Extraction du sable de plage ? (...%)
- Diminution des cours d'eau ? (...%)
- Autres ? (...%)
- Elévation du niveau de la mer ? (...%)
- Variation climatique ? (...%)

1- Quels sont les impacts pour les extractions ?

- Erosion côtière et avancée de la mer (...%)
- Disparitions des sites touristiques (plages) (...%)
- Autres (...%)
- Menaces sur les villages côtiers (...%)
- Est-ce que l'érosion et la submersion peuvent affecter l'économie (tourisme, valeur des propriétés, coûts de la protection, etc.)?

.....

- Quels sont les enjeux au niveau des voies de transport routier ?

.....

- En quoi l'érosion côtière affecte-t-elle les habitats côtiers?

.....

- Dans quelle saison les plages sont en engraissement ?

.....

- Quels sont les meilleurs types d'ouvrage de protection ?

.....

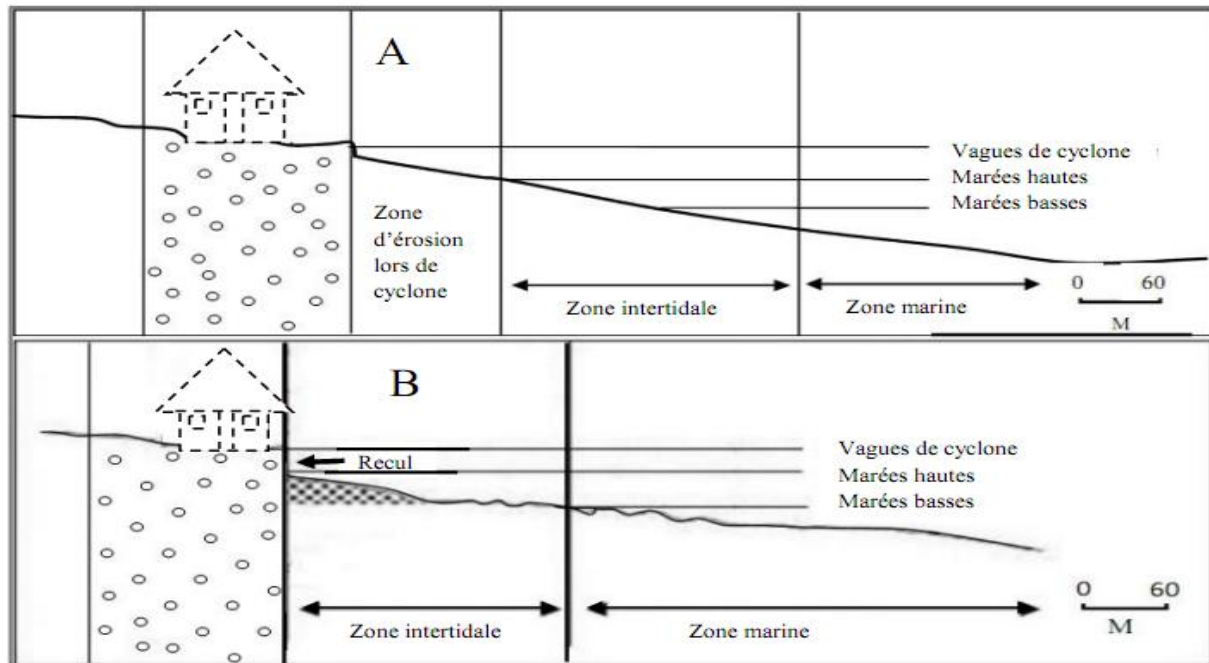
- Les activités humaines modifient-elles le processus de l'érosion côtière ?

.....

2- Quelles solutions proposez-vous contre l'érosion du littoral ?

- Réduire la pauvreté et créer des activités alternatives (...%)
- Interdire l'extraction des sables de plage (...%)
- Autres (...%)
- Construire des murs sur le littoral (...%)

ANNEXE 2 : Profil de plage sableuse (état stable (A) et actif (A))



Source : LDGZC, modifié par l'auteur

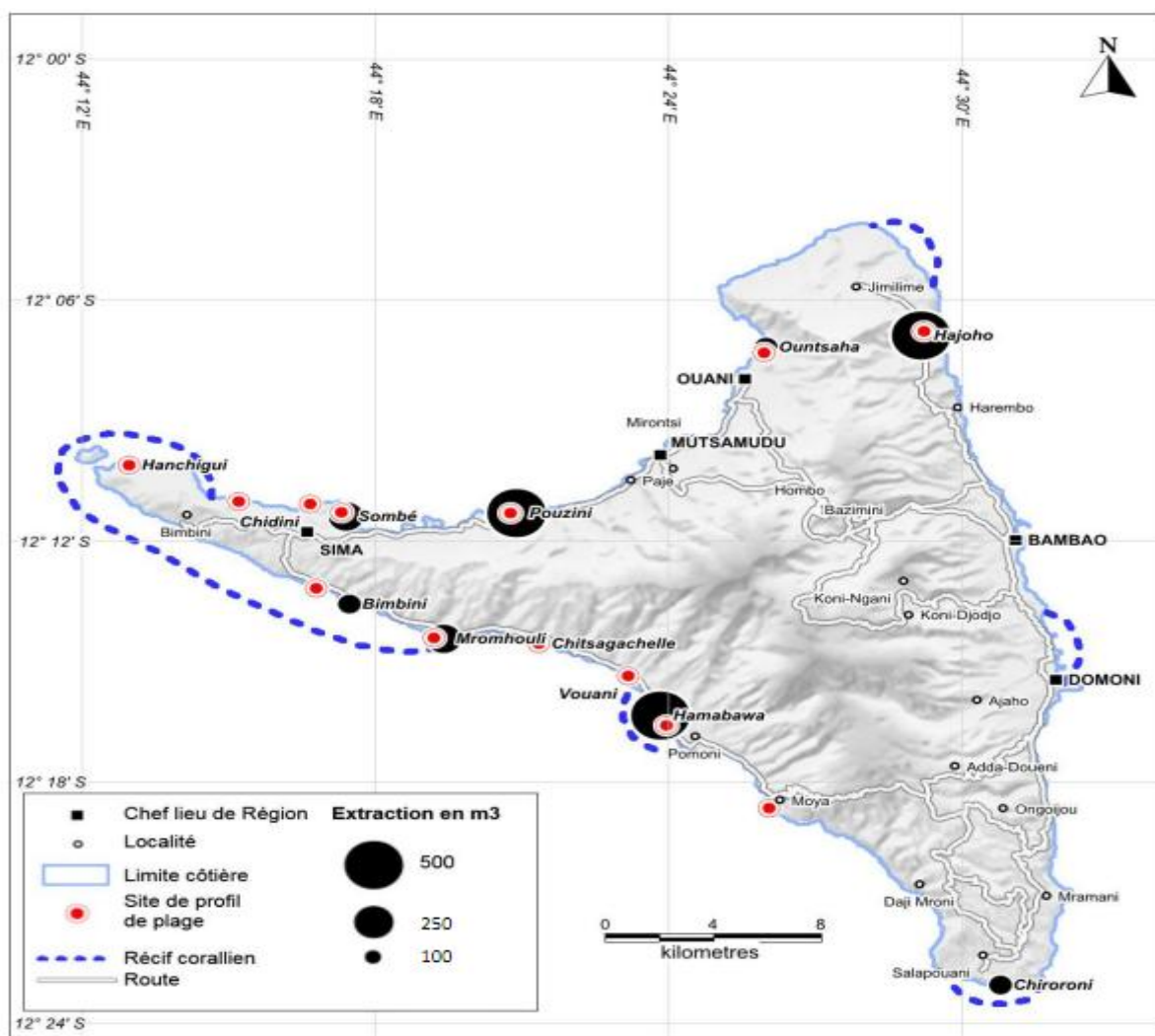
ANNEXE 3: Vent comme phénomène hydrodynamique

Dans l'érosion des plages de l'île, le vent intervient indirectement en créant et propageant dans la mer des houles et des vagues. Ces vents ont des vitesses moyennes comprises entre 54 et 148 km/h.

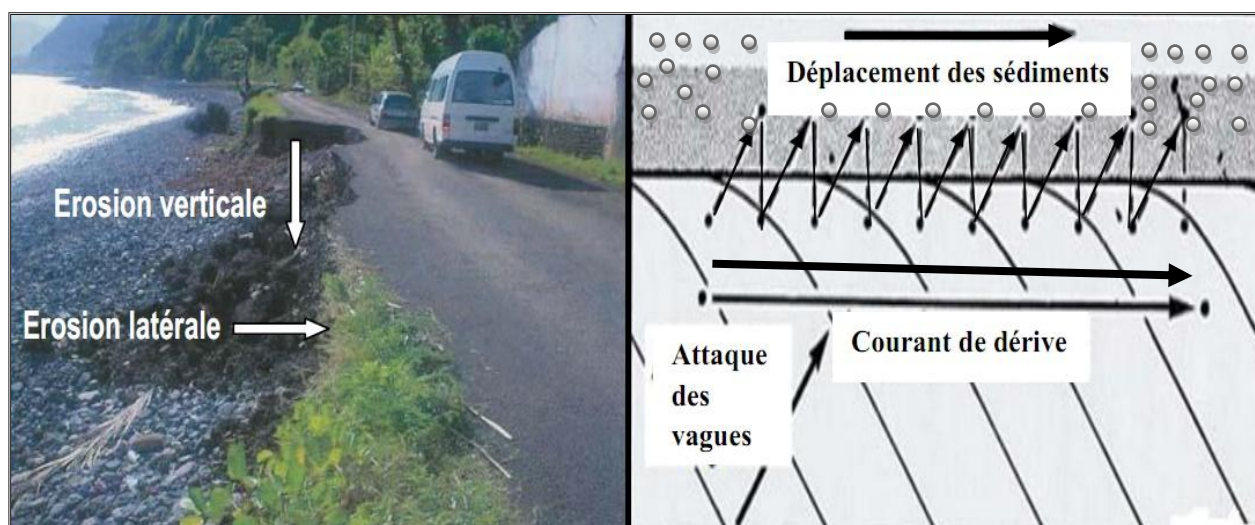
ANNEXE 4: Dynamiques des côtes

Types de côtes	Particularités et processus	Exemples
Côtes rocheuses Côtes caractérisées par un escarpement rocheux de 1,5 à plus de 10 m de hauteur.	- Côte présentant un bon état de conservation - Très affectées par les vagues malgré leurs apparences de dureté	
Côtes à falaises meubles Côtes caractérisées par un escarpement des dépôts meubles de 1,5 à plus de 10 m de hauteur.	- Surtout influencées par la gravité et l'infiltration d'eau ; - Particularité sensible lorsqu'elles contiennent des couches d'argile ; - Propice aux glissements de terrain ;	
Côtes basses Accumulation de sable et/ou de gravier formée d'un replat généralement végétalisé.	- Evolution rapide à cause des sédiments souvent peu cohésifs ; - Souvent habitées et très soumises à la submersion étant donné le faible dénivelé ;	

ANNEXE 5: Croquis de localisation des plages et quantification des extractions



ANNEXE 6 : Erosion des côtes et dérive littorale

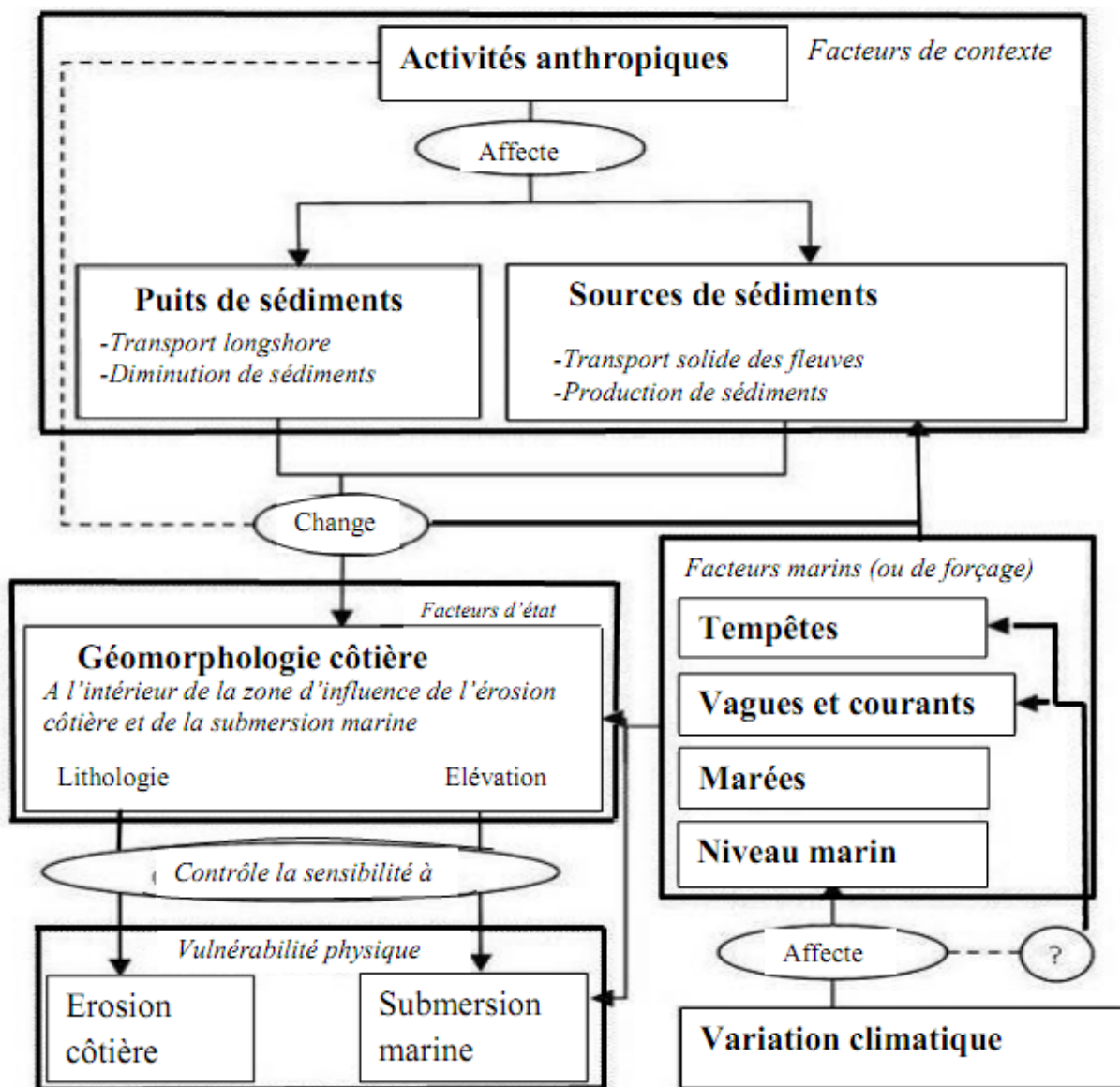


Source : Auteur et R. Traodec, 2009

- **L'érosion latérale** (ou rupture de la pente) est facilement observable car le rivage est caractérisé par des falaises et des microfalaises qui reculent continuellement d'une année à l'autre.
- **L'érosion verticale** est plus difficilement observable, mais tout aussi néfaste. Ce type d'érosion est caractérisé par un abaissement de la pente du profil de plage, ce qui permet aux vagues de conserver une plus grande force et d'atteindre le pied des falaises. De ce fait, il est indissociable de l'érosion latérale.

ANNEXE 7 : Facteurs de l'érosion côtière

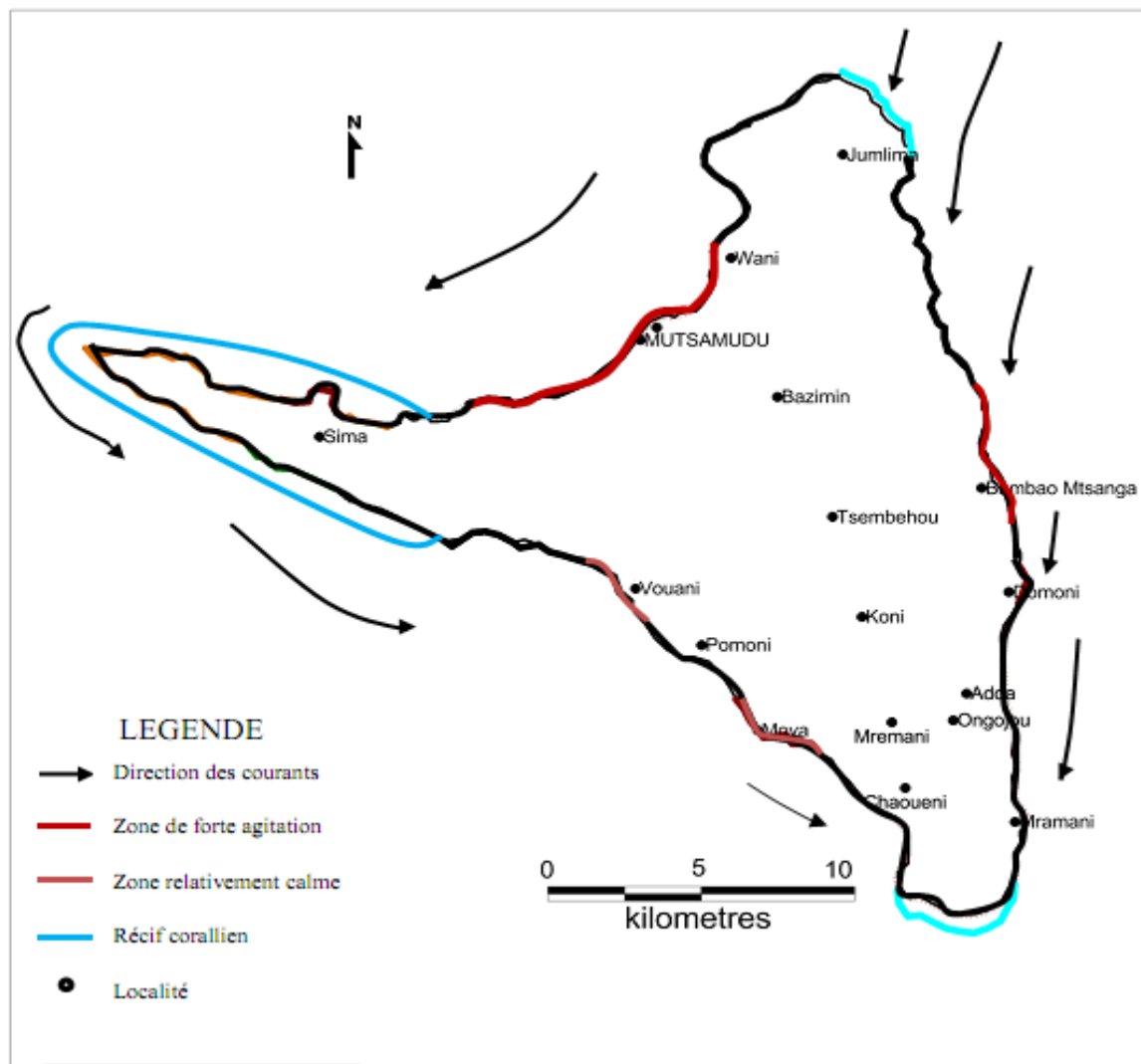
La figure ci-dessous présente schématiquement les relations entre les différents facteurs et processus contrôlant la vulnérabilité physique du littoral. Ces critères sont donc choisis car ce sont ceux qui expliquent la mobilité du trait de côte aux échelles de temps pluri-décennales.



Source : DE LA TORRE Y. (2004)

Transport longshore : Des vagues, menant à un accroissement du transport de sédiments en zone littorale et à des changements dans la formation de flèches et de deltas.

ANNEXE 8: Carte des courants marins à Anjouan



Source : VAUBAN, 1974, complété par l'Auteur

ANNEXE 9: Les différents types d'ouvrage et leurs rôles

On distingue deux sortes d'ouvrage : Les ouvrages rigides et les ouvrages souples. Les ouvrages rigides visent à freiner l'érosion en empêchant toute perte de sédiments vers la mer tandis que les ouvrages souples cherchent à ralentir le recul tout en permettant un certain échange entre la mer et la côte. Les impacts de ces deux types d'ouvrages diffèrent donc aussi. Les ouvrages rigides de par leur imperméabilité, ont des effets de réflexion et de diffraction des vagues alors que les ouvrages souples s'adaptent davantage à la variabilité de la force des vagues. Les impacts des ouvrages souples seront davantage saisonniers, c'est-à-dire que lors de tempêtes, on notera un recul alors qu'en saison estivale, la plage gagnera du

matériel naturellement. Comparativement, les impacts liés aux ouvrages rigides sont cumulatifs et provoquent inmanquablement une perturbation majeure du transport des sédiments, ce qui résulte souvent en une perte nette de sédiments pour les côtes environnantes.

Ouvrage rigides	Ouvrage souple
Muret	Epis
enrochement	Végétation
	Réensablement

ANNEXE 10: Les principales plages des Comores

	<i>Grande Comore</i>	<i>Anjouan</i>	<i>Mohéli</i>
Plages	Bouni Chomoni Ndroudé Trou du prophète Galawa Maloudja	Mirontsi Hajoho Ongoni Chiroroni Moya Pomoni	♦ Domoni ♦ Hoani (site de ponte de tortues) ♦ Itsamia (site de ponte de tortues) ♦ Sambia ♦ Nioumachouoi (site de ponte de
	Planete plage Mitsamiouli ville Itsandra Itsandra hôtel Malé Chindini	Bimbini	tortues) ♦ Ilots de Nioumachouoi (site de ponte de tortues) ♦ Ndrodoni ♦ Ouallah (site de ponte de tortues) ♦ Djoiézi ♦ Moihani

Source : Ministère de l'Environnement, 2007

ANNEXE 11 : Les aménagements côtiers

Anjouan étant une île insulaire avec une grande partie de terres montagneuses, presque tous les aménagements réalisés l'ont été en bord de mer. La plupart de ces aménagements sont très vulnérables, car faits sans études d'impacts environnementaux. Ils ont coûté extrêmement cher à l'Etat, et leur destruction pourrait poser d'énormes problèmes économiques et sociaux. Ces aménagements peuvent être énumérés comme suit :

- ✓ Le port de Mutsamudu, construit en 1983 et qui a coûté à l'Etat 13 milliards de FC. Il connaît actuellement des problèmes d'ensablement suite aux sédiments apportés par la rivière (laquelle) et qui viennent directement dans le port.
- ✓ Le dépôt d'hydrocarbures de Mirontsi

- ✓ L'aéroport de Ouani (1300 m), qui est déjà submergé d'eau lors des fortes houles et à marée haute, à cause de l'érosion de la côte.
- ✓ L'hôtel Al-amal même question (investissements privés ou publics)
- ✓ Le tunnel de Moya, qui a coûté 20 millions de Dollars
- ✓ L'hôpital de Pomoni
- ✓ La centrale hydraulique de Bambao.

De plus, le réseau routier de l'île d'Anjouan est pour une très large partie construit le long de la zone côtière. Il a coûté très cher à l'Etat, surtout le fait où il a fait appel à des digues de protection. Le coût unitaire est de 120 millions de FC le km sur l'île. Ces réseaux routiers construits sur la côte qui présentent des risques de destruction en cas d'extrêmes variations du niveau de mer sont présentés dans le tableau suivant :

ANJOUAN	LOCALITE	NOMBRE DE KM
	Mtsagamouhouni/Pouzini	11 km
	Mjamaoué	2 km
	Lambwé/Maraharé	6 km
	Vassi/Pomoni	10 km
	Pomoni/Moya	4 km
	Ongoni	1 km 800

Source : Ministère de l'Environnement, 2007

ANNEXE 12: Les rivages endigués et le nombre de km

Littoral Nord-ouest		Littoral Sud-ouest		Littoral Est	
Localité	km	Localité	km	Localité	km
Mutsamudu	1 km	Hassimpao	50 m	Domoni	150 m
Pagé-Mpouzini	3 km	Vassi	50 m		
		Maraharé	50 m		
		Bimbini	180 m		

Source : Ministère de l'Environnement, 2007

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	a
SOMMAIRE	II
LISTE DES ILLUSTRATIONS	II
LISTE DES ABREVIATIONS	V
RESUME	VIII
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE :	2
CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	2
CHAPITRE I : LE CONTEXTE DE L'ETUDE ET L'APPROCHE METHODOLOGIQUE..	3
I.1. Localisation de la zone de recherche	3
I.2. Le contexte et la justification de l'étude.....	4
I.2.1. La problématique	5
I.2.2. Intérêt du sujet.....	6
I.2.3. Les hypothèses de l'étude	6
I.2.4. les objectifs de l'étude	7
I.3. La démarche de recherche	8
I.3.1. La justification du choix de terrain	8
I.3.2. La recherche documentaire	8
✓ La revue de littérature	9
I.3.3. Les travaux de terrain.....	12
I.3.4. Le traitement et l'analyse de données	12
CHAPITRE II : GENERALITE SUR LE LITTORAL DE L'ILE D'ANJOUAN	13
II.1. Les traits physiques du milieu côtier	13
II.1.1. L'état de connaissances géomorphologiques sur le littoral anjouanais.....	13

✓ Les côtes rocheuses	15
✓ Les plages et les récifs coralliens	15
✓ Les estuaires et îlot	15
✓ Les aménagements côtiers	16
II.1.2. Description et mise en place de matériaux géologiques sur l'île	16
II.1.3. Comportement et caractéristiques climatiques de l'île.....	18
II.1.4. Les facteurs océaniques influençant les côtes	20
➤ Marée	20
➤ Vagues et houles	20
➤ Courants.....	22
Conclusion de la première partie	23
DEUXIEME PARTIE :.....	24
LE DYNAMISME DE L'EROSION COTIERE DE L'ILE D'ANJOUAN	24
CHAPITRE III : LE LITTORAL ANJOUANAIS, UN MILIEU TRES DYNAMIQUE	25
III.1. Les différents types des côtes et leurs dynamismes.....	25
III.1.1. Les type des côtes.....	25
III.1.1.1. Les côtes rocheuses	25
III.1.1.2. Les côtes meubles.....	26
III.1.2. Anjouan : un milieu côtier fragile et dynamique.....	27
III.1.2.1. La fragilité du milieu côtier de l'île d'Anjouan.....	27
III.1.2.2. Dynamique du milieu côtier de l'île d'Anjouan.....	28
III.1.2. Analyse géographique de l'érosion côtière	29
III.1.2.1. La baie d'Anjouan	30
III.1.2.2. le littoral sud-ouest	31
III.1.2.3. Le littoral Est	33

CHAPITRE IV : PHENOMENES INFLUENCANT LA MORPHOLOGIE DU LITTORAL ANJOUANAIS	34
VI.1. Phénomènes hydrodynamiques et géomorphologiques sur l'érosion côtière.....	34
VI.1.1. Vagues et houles	34
VI.1.2. Courants littoraux ou de dérive	36
VI.1.3. Courant de retour ou de déchirure.....	37
VI.1.4. Courants de marée.....	38
VI.2. Relief côtier	38
VI.3. Déplacements des sédiments et instabilités des côtes	39
VI.4. L'influence de l'homme sur l'érosion côtière	39
VI.4.1. Extraction de sable	40
VI.4.2. Les différents aménagements de la zone côtière.....	40
VI.4.3. Destruction de la couverture végétale	42
VI.5. Quelques perspectives sur l'érosion côtière à Anjouan	42
Conclusion de la deuxième partie	44
CONCLUSION GENERALE	Erreur ! Signet non défini.
BIBLIOGRAPHIE	Erreur ! Signet non défini.
ANNEXE	51