
Fragilisation et modification des formations littorales meubles sur l'île d'Anjouan (Comores) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique

Kamardine Sinane, Gilbert David, Gwenaëlle Pennober et Roland Troadec



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/10528>

DOI : 10.4000/vertigo.10528

ISBN : 978-2-923982-54-0

ISSN : 1492-8442

Éditeur

Les Éditions en environnement VertigO

Ce document vous est offert par Les Bibliothèques de l'Université de La Réunion



Référence électronique

Kamardine Sinane, Gilbert David, Gwenaëlle Pennober et Roland Troadec, « Fragilisation et modification des formations littorales meubles sur l'île d'Anjouan (Comores) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 10 Numéro 3 | décembre 2010, mis en ligne le 20 décembre 2010, consulté le 13 juin 2018. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/10528> ; DOI : 10.4000/vertigo.10528



Les contenus de *VertigO* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

FRAGILISATION ET MODIFICATION DES FORMATIONS LITTORALES MEUBLES SUR L'ÎLE D'ANJOUAN (COMORES) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique

Kamardine Sinane¹, Gilbert David², Gwenaëlle Pennober³ et Roland Troadec⁴

¹UMR 228 ESPACE-DEV Réunion, Université de La Réunion, Courriel : kamardine.sinane@ird.fr, ²UMR 228 ESPACE-DEV Brest, Courriel : gilbert.david@ird.fr, ³UMR 228 ESPACE-DEV, Courriel : gwenaëlle.pennober@univ-reunion.fr, ⁴Géosciences, Université de La Réunion, Géosciences. Courriel : roland.troadec@wanadoo.fr

Résumé : Sur l'île d'Anjouan, aux Comores, les premiers levés topographiques effectués sur les plages entre 2008 et 2009 montrent des morphotypes de profils à tendance convexe ou concave accusée. L'évolution de ces profils de plages est influencée par l'extraction du sable et par l'exposition aux forçages météo-marins. L'extraction du sable de plage est plus importante sur les plages avec des profils concaves accusés que celles avec des profils à tendance convexe. L'érosion qui en résulte est souvent confondue avec les effets du changement climatique annoncé. Dans ce contexte, avec le soutien de la communauté internationale, les pouvoirs publics développent 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 acteurs de l'extraction du sable de plage. Ces derniers estiment que la lutte contre l'érosion du littoral ne peut se faire que par l'analyse des causes des extractions et la proposition de solutions alternatives, notamment sociales.

Mots-clés : Comores, Anjouan, morphologie littorale, changement climatique, extraction de sable

Abstract: In Anjouan, Comoros islands, the first beach profiles surveys carried out during the period between 2008 and 2009 show two types of shapes : convex and concave. These beach profiles shapes are due to hydrodynamics forces and sand mining. Sand mining is more important in concave beach shapes profiles than in convex ones. Erosion caused by sand mining is confused with climate change impacts. This situation leads officials, with the support of the international community, to build seawalls to protect populations and infrastructures. However, this choice can widespread coastal erosion and contrasts with sand beach miner perception. For them, dealing with widespread coastal erosion must take into account undergoing social issues.

Keywords: Comoros, Anjouan, beach morphology, climate change, sand mining

Introduction

Selon le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) le changement climatique devrait se manifester d'ici la décennie 2090-2099 par une élévation de 0,18 à 0,59 m du niveau moyen de la mer par rapport à la période de référence 1980-1999 et par une augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux, voire de leur occurrence (IPPC, 2007). Il devrait en résulter dans les îles coralliennes une accentuation de l'érosion des plages et une possible accréation des grèves d'origine corallienne

(Kench et al., 2008). Sur l'ensemble de la planète, on estime que 70 % des rivages sableux sont déjà soumis à l'érosion des agents météorologiques et marins (Bird, 1996). Les causes seraient majoritairement anthropiques (Defoe et al., 2009). Elles accentuent la vulnérabilité du littoral à l'impact érosif du changement climatique, par une pression accrue sur un budget sédimentaire altéré des plages (Lewseys et al., 2004).

Face à l'aléa « érosion », deux alternatives sont possibles pour réduire la vulnérabilité du littoral : la défense dite « douce » et la défense dite « lourde ». La défense « lourde » repose sur une démarche « ingénieur » avec la construction d'infrastructures : de gabions perpendiculaires au rivage de manière à piéger la drisse littorale, d'enrochement, voire de véritables murs en haut de plage. Ces infrastructures sont souvent privilégiées par les pouvoirs publics pour protéger les biens matériels et les populations sur certaines zones sensibles (Chapman et

Référence électronique

Kamardine Sinane, Gilbert David, Gwenaëlle Pennober et Roland Troadec, 2010. « Fragilisation et modification des formations littorales meubles sur l'île d'anjouan (comores) : Quand l'érosion d'origine anthropique se conjugue au changement climatique ». , VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 10 numéro 3, [En ligne], URL : <http://vertigo.revues.org/10528>

Bulleri, 2003 ; Polomé et al., 2005). Aujourd'hui, beaucoup d'interrogations se posent quant à leur efficacité en termes de lutte contre l'érosion mais aussi du rapport coût/efficacité (Cooper et McKenna, 2008). La demande sociétale, semble favorable à ce type d'infrastructures lourdes comme nous l'enseigne les événements survenus sur les littoraux de Vendée et de Charente-Maritime (ouest de la France) en février 2010¹. La défense « douce », quant à elle, a pour objectif de restaurer un fonctionnement « naturel » des zones littorales. Elle consiste à stabiliser les dunes mobiles par des ganivelles et des plantations d'espèces végétales fixatrices à proximité du trait de côte ou par rechargement artificiel des plages (Miossec, 1994, 2000). À cela s'ajoute la définition d'un espace littoral « non aedificandi » (Paskoff, 2000). Aujourd'hui, le recueil de la perception des usagers est de plus en plus considéré comme une étape significative dans toute mise en œuvre d'un programme de gestion du littoral contre l'érosion (Marin et al., 2009) ; à fortiori lorsqu'il s'agit de mesures visant à réduire les effets du changement climatique (Friesinger et Bernatchez, 2008). Tout aménagement, toute initiative amène à un changement des comportements des usagers du littoral dont il faut mesurer l'acceptabilité sociale (David et al., 2006).

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 (Allenbach et Hoibian, 2003 ; Desse, 2003 ; Caras et Pasternak, 2009). Les orientations prises en matière d'aménagement des plages échappent à l'analyse des causes et des enjeux locaux et nationaux. Dans des contextes géomorphologiques très différents, les îles hautes comme les îles basses, des murs contre l'océan émergent un peu partout sur la planète. Ils semblent être les seuls recours des PEID contre l'érosion des plages. La forte visibilité et la forte acceptabilité de

cet aménagement en fait un outil prôné par les politiques et les financeurs. L'érosion est ainsi immuablement définie comme liée à une remontée du niveau marin donc aux changements climatiques. Sur l'île d'Anjouan (Comores), dans le cadre des programmes liés aux changements climatiques appuyés financièrement par la communauté internationale, on a opté pour une stratégie de défense « lourde » reposant sur la construction de murs dans les espaces jugés les plus exposés à l'érosion. Ces choix reposeraient sur une consultation des populations locales via les pouvoirs publics ou des associations. Afin d'aborder la problématique de l'érosion côtière à Anjouan dans son contexte anthropique relatif au changement climatique annoncé, cette étude s'appuie sur l'analyse topographique des plages, sur l'évaluation des volumes d'extractions sur ces plages et sur l'analyse d'une stratégie de construction de murs pour lutter contre l'érosion marine. Une approche de la perception des usagers est également prise en compte.

Contexte de l'étude

Contexte géographique et socio-économique

L'île d'Anjouan est une des quatre îles de l'archipel des Comores situées dans le canal du Mozambique, à mi-distance (300 km) entre Madagascar et la côte est-africaine (figure1). Son relief est très montagneux et culmine à 1595 m à 7 km du littoral (Battistini et Vérin, 1989). 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 Nioumakélé au Sud. 80 % de ce linéaire côtier est bordé 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.

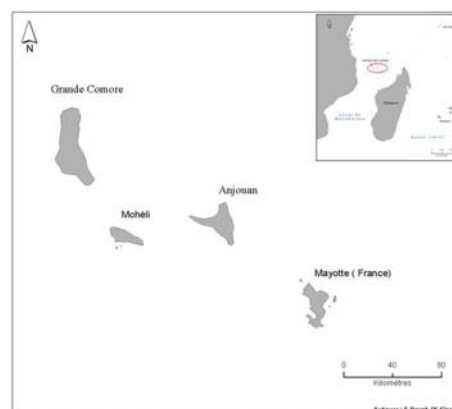


Figure 1. Localisation de l'île d'Anjouan dans l'ensemble de l'archipel des Comores

¹ Le 28 février 2010, la tempête Xynthia a relancé le débat de l'aménagement du littoral face au changement climatique en France. La tempête Xynthia est une dépression météorologique majeure qui a balayé plusieurs pays européens entre le 26 février et le 1er mars 2010, causant un épisode de vents violents. En France, la conjonction de vents violents et de fortes marées a donné lieu à une onde de tempête qui a occasionné d'importantes inondations dans certaines régions littorales, principalement en Charente-Maritime, en Vendée et dans les Côtes-d'Armor. La tempête Xynthia est considérée comme une des plus violentes et des plus meurtrières depuis les deux tempêtes de décembre 1999. Combinée à de forts coefficients de marée, la tempête a eu pour conséquences l'inondation de 52 000 ha, et de plus de 600 habitations et causé la mort de 65 personnes. Au renforcement des digues demandé par la population, l'état associe une extension des zones *aedificandi* par l'expropriation. Ce projet a été largement rejeté par les populations concernées.

Anjouan, la Grande Comore et Mohéli, forment l'Union des Comores alors que Mayotte est sous administration française (Caminade, 2004). Anjouan est le deuxième territoire de l'archipel en terme de superficie (424 km²) et de population (243 732 habitants en 2003) mais elle est la plus densément peuplée (574 hab/km²) selon le dernier recensement général de la population et de l'habitat (Ministère du Plan de l'Aménagement du Territoire, de l'Energie et de l'Urbanisme, 2005). L'indice de développement humain (IDH) est de 0,547 pour l'Union des Comores ; même si ce dernier varie d'une île à l'autre, il se rapproche de la moyenne de l'Afrique (0.520). Il est de 0,498 pour Anjouan, 0,449 pour la Grande Comore et de 0,628 pour Mohéli selon le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD, 2006). Ces indicateurs montrent que la population de l'île d'Anjouan, à l'instar de celle de l'ensemble de l'archipel, est atteinte par des difficultés économiques. À cette situation d'insuffisance économique, s'ajoute une instabilité institutionnelle chronique (Oraison, 2004 ; Taglioni, 2008), qui se traduit par une accentuation de la migration « clandestine » des Anjouanais vers Mayotte : l'« eldorado » qui bénéficie des mannes financières de la France et de l'Europe (Godard et Kaufmant, 2001).

Considéré comme l'espace utile de l'île (Robineau, 1966), le littoral abrite les principaux centres urbains traditionnels (Gérard, 2006) d'Anjouan. Sa population s'est accrue de manière importante à la fin de l'époque coloniale avec la création de nombreux villages par les familles de métayers des anciens domaines de plantation et par le transfert des villages des « hauts » lors de la réforme agraire de 1949 à 1953 (Sidi, 1998). Aujourd'hui, il n'échappe pas aux difficultés socio-économiques que rencontrent l'île et la pression anthropique sur l'environnement littoral s'accroît avec le développement de nombreuses activités de survies non contrôlées. Les plus marquantes sont le braconnage des tortues marines, la pêche de subsistance sur le récif et les prélèvements de blocs coralliens et de sable de plage. Ces derniers se sont aggravés depuis les années 1950. Si l'île est signalée jusque dans les années 1990 comme attractive du point de vue balnéaire (Klotchkoff, 1995), en 2010, peu de plages de l'île conservent cette fonction en raison de leur démaigrissement.

Les forçages météorologiques et marins

L'archipel des Comores connaît un climat tropical océanique caractérisé par une saison chaude humide de décembre à juillet (l'été austral) et une saison sèche d'août à novembre (l'hiver austral) avec une pluviométrie mensuelle respective de 200 à 250 mm et 50 à 100 mm. Les températures moyennes les plus faibles (24-25°C)

sont enregistrées entre juin, juillet et août et les plus élevés (27°C) entre décembre janvier et février (Battistini et Vérin, 1989). Le régime hydrodynamique général du littoral est caractérisé par deux types de houles. Pendant l'été austral, on enregistre une houle variable et faible née des vents de mousson du Nord-Ouest et pendant l'hiver on assiste à une forte houle d'alizée du Sud-est. Le régime hydrodynamique exceptionnel est dû aux cyclones tropicaux qui sont fréquents dans le canal de Mozambique et dans l'Océan Indien (SHOM, 1984). Ces cyclones d'une grande intensité, parfois avec un diamètre restreint, engendrent aux environs des Comores des houles exceptionnelles. Les houles cycloniques qui ont le plus affectées l'île d'Anjouan ces dernières années sont celles générées par les dépressions tropicales Elita et Gafilo en 2004. La marée est de type semi-diurne avec un marnage de vive eau de 4 m.

Impacts attendus du changement climatique

Selon les prévisions établies par le PNUD dans son rapport « profil du changement climatique aux Comores », d'ici 2090, les températures moyennes annuelles de l'air devraient s'accroître de 1,2°C à 3,6°C, la pluviométrie devrait varier de -15 % à +30 % tandis que le niveau moyen de l'océan devrait s'élever entre 0,18 à 0,56 m, suite à une augmentation drastique de la température des eaux marines (McSweeney et al., 2008). En revanche, l'augmentation de la fréquence des phénomènes paroxysmaux (cyclone et surcote) reste un objet de discussion entre les spécialistes du climat. Ces changements devraient affecter la barrière corallienne comme durant la période El-niño de 1998 où l'on a assisté à un blanchissement corallien massif. Ce processus de dépigmentation des colonies coralliennes traduit une détérioration de la symbiose qui existe entre les zooxanthelles et les polypes du corail et qui permet la construction du squelette corallien (Goreau et al., 1997). À l'issue d'un événement de blanchissement, le corail a une certaine capacité de résilience. Cette dernière peut être altérée par une recrudescence de ces phénomènes, particulièrement dans les zones soumises à une forte pression anthropique (Bigot, 2003). Le rôle de protection des côtes par la barrière récifale pourrait donc s'altérer avec plus d'attaques et moins de protection, la recharge des plages ne pouvant être que ponctuelle. Se basant sur ces prévisions, le programme national d'adaptation au changement climatique (PANA) (Ministère du Développement Rural, de la Pêche de l'Artisanat et de l'Environnement, 2006) prédit pour l'ensemble des Comores un déplacement d'environ 10 % de la population et une perte de 734 ha de terres à potentialités économiques si le niveau de la mer monte de 20 cm.

Matériel et méthode

L'objectif de cette étude est d'éclaircir sur l'état des plages, leur dynamique actuelle et d'analyser la politique d'aménagement qui en résulte. Quatre niveaux d'analyses semblent dès lors pertinents pour aboutir à cet objectif :

- une analyse diachronique de la topographie des plages pour caractériser les dynamiques en cours et les capacités naturelles de recharge sédimentaire ;
- une estimation des prélèvements de matériaux des plages afin d'évaluer leurs impacts sur la dynamique des plages ;
- une analyse contextuelle des murs pour évaluer leur niveau d'adaptation à la problématique de l'érosion des plages ;
- une étude de la perception de la population du littoral qui devrait permettre de dégager un consensus pouvant aboutir à une co-construction des solutions adaptées au problème de l'érosion côtière.

Figure 2. Mesures de profil avec l'appareil de levés topographiques de plage



photo : R. Troadec, 2009

Figure 3. Agencement type des tas de matériaux de plage de différentes granulométries sur le trait côte



photo : G.Pennober, 2009

Figure 4. Construction de mur vertical sur la plage de Bimbini contre l'érosion marine



photo : R. Troadec, 2009

Figure 5. Enquête auprès des usagers du littoral d'Anjouan



Photo : G.Pennober, 2009

Suivi topographique des plages

La méthodologie mise en œuvre dans le suivi topographique des plages d'Anjouan a été initiée dans la perspective de créer un réseau d'observation des plages coralliennes à l'échelle de l'Océan Indien occidental. Actuellement, 5 sites font l'objet de levés similaires (Tromelin, Glorieuses, Inranja, Mohéli, La Réunion) dans le cadre de projets menés par des organismes partenaires (Kelonia, programme tortues marines du Sud-Ouest de l'Océan Indien -TORSOOI²).

La méthode choisie a été développée au laboratoire Géoscience de l'Université de La Réunion, par Roland Troadec au début des années 1990. L'instrument de mesure a été spécialement conçu pour répondre à de nombreuses exigences : fiabilité, robustesse, faible coût, simplicité, faible encombrement, etc. La mesure des profils de plage se fait à partir d'un point fixe géoréférencé situé en haut de plage, par visées successives entre deux montants distants d'un mètre (figure 2). Il s'agit d'un instrument de mesure topographique basé sur les principes classiques de la topométrie qui utilise une combinaison astucieuse entre un niveau à bulle et une mire coulissante. L'appareil de mesure se compose d'un cadre en aluminium dont un des montants est coulissant et gradué tous les centimètres (la mire). La structure complète est mise à niveau afin de positionner correctement l'appareil sur l'horizontal avant chaque lecture du dénivelé. L'appareil est déplacé le long d'un transect, matérialisé par une corde ou un tracé rectiligne dans le sable suivant un azimuth connu et perpendiculaire à la ligne de rivage. L'empâtement de l'appareil est de 1 mètre afin de permettre une mesure du dénivelé à pas constant et assurer une reproductibilité de la mesure dans le temps. La simplicité de l'appareillage et de son utilisation répond au contexte économique et sociétal de la région. Le réseau d'observation pour être efficace doit s'appuyer sur les structures locales avec un transfert de connaissances et de compétences Nord-Sud.

Dans le cadre de cette étude, 21 plages ont été suivies à Anjouan. Les mesures des profils se sont déroulées du 12 décembre 2008 au 14 janvier 2009 et du 6 novembre 2009 au 25 novembre 2009 (deux périodes d'été austral) ainsi que du 3 juin 2009 au 22 juillet 2009 (en période d'hiver austral).

Analyse des éléments de fragilisation et de protection des côtes

Évaluation des extractions

Aujourd'hui, l'ensemble des dépôts sédimentaires littoraux de type sable corallien, sable volcanique, gravier et galets est concerné par les extractions. Des tas de sable et de galets sont disséminés tout le long de la route littorale visant à alimenter le marché de la construction. L'évaluation des volumes sédimentaires prélevés par les extracteurs sur le littoral a consisté à un comptage des tas de granulats de plages amassés sur le trait de côte (figure 3). Le comptage des tas extraits sur chaque site a été effectué selon leurs types granulométriques : sable fin, sable grossier, galet, corail.

À l'issue des enquêtes réalisées auprès des extracteurs, il a été établi que chaque tas est amené à atteindre 3 mètres cubes. Ce volume est le « volume de commercialisation par les extracteurs » auprès des camionneurs. À partir de là, une estimation des volumes sédimentaires extraits sur chaque plage et sur chaque façade littorale de l'île est possible à un instantané « T0 ». Le temps nécessaire à chaque extracteur pour prélever ce volume de sable est d'environ un mois. Les estimations des volumes de sable extraits sont ainsi mensuelles. Notons que sur le littoral de la Baie d'Anjouan, l'évaluation des prélèvements a été réalisée avec la collaboration d'une dizaine d'étudiants de la troisième année de la faculté de science de l'Université de Patsy à Anjouan.

Analyse du contexte de constructions des murs

Un inventaire des murs existants a été réalisé lors de la mission de novembre 2009 (figure 4). À partir de cet inventaire, une typologie des murs est rapidement réalisée :

- murs soutenant les infrastructures routières littorales ;
- murs protégeant des villages contre les assauts de la mer ;
- murs de soutènement de falaise abrupte en voie d'érosion.

Pour connaître les causes de la construction récente de ces murs, nous nous sommes entretenus avec des personnalités villageoises ou des responsables d'associations qui sont ou ont été associés à la construction de ces ouvrages. L'objectif était d'avoir des informations sur le processus d'évolution du littoral aboutissant à la construction des murs et de connaître également les principaux financiers de ces ouvrages. Ces

² <http://torsooi.com>

entretiens ont été suivis par un inventaire de la typologie des murs et de leur architecture.

Analyse des perceptions de la problématique des plages

Les perceptions des usagers du littoral (extracteurs d'agrégats et pêcheurs) ainsi que celles des habitants des localités côtières ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire et d'entretiens (figure 5). 341 usagers du littoral ont été enquêtés dont 112 extracteurs. Le questionnaire portait sur les informations socio-économiques et de la perception à la fois des causes, des impacts et des solutions à apporter à l'érosion du littoral. Dans le cadre de cet article, seules les perceptions des extracteurs et acteurs de l'érosion sont analysées.

Résultats et discussion

Les apports de cette étude sont de deux ordres. Une analyse contextuelle de la morphologie des plages en 2008 et 2009 et une analyse des éléments de fragilisation et de protection des côtes et de la perception de ces derniers.

Analyse typologique des profils topographiques

La distinction typologique est fondée sur l'appréciation de la morphologie des sections émergées de la plage où nous distinguons des compartiments : en position supérieure le bourrelet de haut de plage et plus bas, les estrans (supérieur et inférieur). Il est reconnu que les plages présentent généralement un profil transversal plus ou moins concave (Paskoff, 1998) mais des fluctuations existent autour d'un profil d'équilibre. Elles sont engendrées par des évolutions dans les caractéristiques des vagues et de la sédimentation dans un contexte naturel. Dans cette dynamique, la tendance à l'apparition de convexités sur une partie ou la totalité du profil est généralement synonyme d'accrétion (engraissement) alors que des concavités accusées de l'ensemble du profil traduisent des phénomènes d'érosion (démaigrissement ou amaigrissement). Les résultats des premières mesures topographiques de plages initiées à Anjouan permettent de reconnaître deux morphotypes de profils de plage. On note des profils à « tendance convexe » et à contrario des profils « à concavité accusée ». L'évolution des profils est donc influencée naturellement par l'exposition des plages à l'énergie des forçages météo-marins, mais aussi artificiellement par l'intensité des pressions anthropiques. C'est dans ce contexte que se pose la responsabilité des extractions des sédiments sur les plages d'Anjouan et les morphotypes topographiques peuvent en être des révélateurs.

Exemples de plages sans extraction : des morphotypes à tendance convexe

Les plages de Barakani et de Vouani (figure 6) sur le littoral Sud-ouest de l'île ne sont pas concernées par les extractions. Elles révèlent une même tendance morphotypique mais leurs topographies n'en diffèrent pas moins. Cela s'explique par le fait que, si ces deux plages se situent à proximité d'un édifice corallien (récif frangeant), la plage de Barakani est complètement corallienne alors que la plage de Vouani montre davantage une situation en mer, ouverte uniquement protégée par un embryon de récif dont le développement est sans doute freiné par la turbidité des eaux. La nature plus terrigène et volcanique de la plage de Vouani témoigne de son peu de liaison avec l'édifice construit.

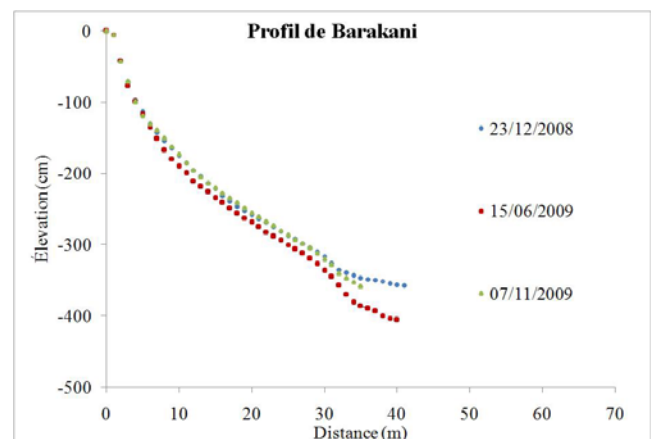
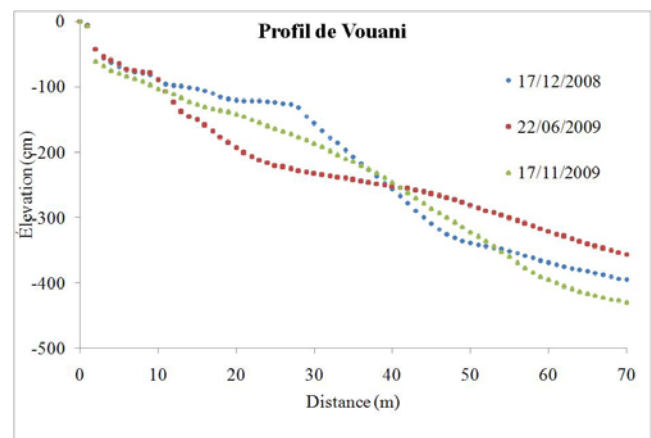


Figure 6. Morphotypes à tendance convexe

De décembre 2008 à octobre 2010, la plage de Vouani montre une variabilité plus grande car directement soumise aux actions houlographiques. Elle traduit nettement sa propension à la résilience puisqu'après un glissement de sable favorable à l'estran inférieur en juin 2009, elle tend à reconstituer en novembre 2009 son profil d'été, reconnaissable en décembre 2008. La plage de Barakani présente aussi un profil à tendance convexe mais « en partie » ; cette morphologie n'affectant que l'estran inférieur. C'est sur cet estran que les variations, beaucoup plus faibles que précédemment, sont les plus lisibles. Par contre l'évolution topographique s'harmonise avec la précédente, le profil de novembre 2009 reconstituant à l'identique celui de l'été précédent (décembre 2008).

On constate que ces plages alternent des variations morphologiques, héritages de processus d'engraissement et d'amaigrissement, qui maintiennent leur résilience naturelle. Cette alternance des profils apparaît dépendante de l'énergie de l'agitation marine saisonnière. La variabilité topographique est plus remarquable sur les profils de la plage de Vouani plus ouverte et moins protégée par le récif que sur ceux de Barakani. On notera que ces variations de profils reflètent le fonctionnement de ces plages hors période d'événements climatiques exceptionnels, vu l'absence de grosses houles ou de cyclones entre les dates où les mesures de profils ont été réalisées.

Exemples de plages à extraction : des morphotypes concaves à tendance accusée

En raison de leurs similitudes en terme d'exposition à la houle, on pouvait s'attendre à ce que la plage volcanique de Hamabaoua présente des profils proches de ceux de la plage Vouani et la plage corallienne de M'Romouhouli, des profils proches de ceux de la plage de Barakani (figure 6). Il n'en est rien : ces plages ne montrent aucune résilience ; le profil d'hiver (juin 2009), reconnu précédemment comme révélateur d'une érosion saisonnière, voit sa situation s'aggraver à l'approche de l'été austral (novembre 2009). L'affaissement de la topographie de ces plages indique qu'au cours de cette période les apports des matériaux n'ont pas compensé l'érosion.

Les observations faites sur ces littoraux confirment qu'ils sont impactés par les extractions du sable de plage. Leurs profils sont caractérisés par une accentuation de la concavité dans le temps (entre 2008 et 2009). La question qui se pose concernant l'évolution de ces plages est leur capacité de résilience. Faute de masse sédimentaire suffisante sur les estrans, on assiste à une accentuation

des attaques de la houle et à une régression côtière, comme l'indique en haut de plage, le déchaussement et la chute des arbres et au niveau de l'estran, l'apparition récente de dalles de grès de plage.

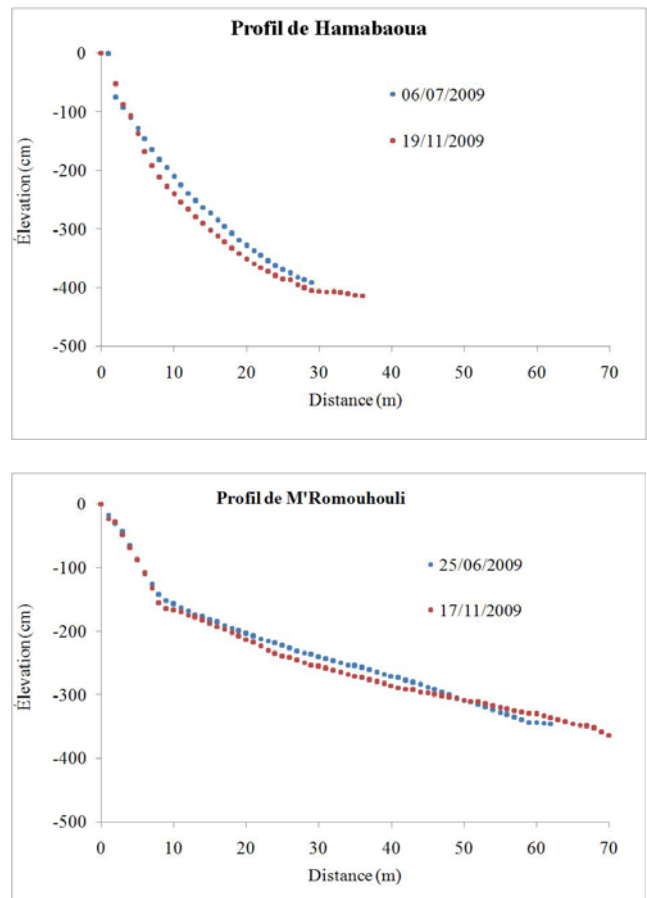


Figure 7. Morphotypes à concavité accusée

Les éléments de fragilisation et de protection des côtes

Quantification de l'extraction du sable sur les plages

L'évaluation des extractions de matériaux sur les différentes plages de l'île d'Anjouan indique qu'elles auraient une corrélation avec l'évolution des typologies de profils de plage. L'extraction des matériaux ne s'effectue pas avec la même intensité sur toutes les plages. Deux niveaux d'extraction du sable existent. On note d'une part des extractions faibles à des fins personnelles et d'autre part des extractions massives pour la commercialisation.

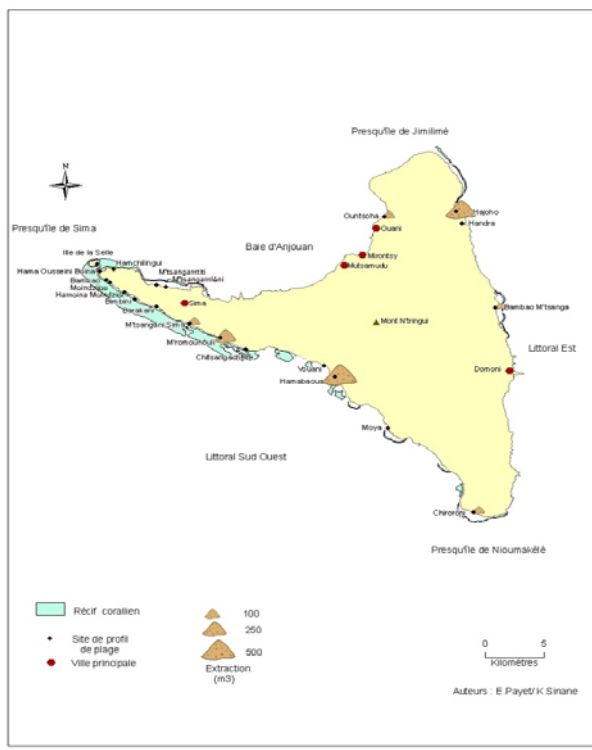


Figure 8. Localisation des profils et quantification des extractions (Source pour le fond de carte : IGN)

On constate que les plages relativement épargnées par les extractions de sable conservent des profils à tendances convexe ou rectiligne. Ces plages sont situées à l'écart des zones habitées et leur accès par voie terrestre s'avère difficile, à l'exemple de la plage de Barakani ou des plages au nord du village de Bimbini. L'inaccessibilité par voie terrestre n'est cependant pas un gage de protection absolue contre les extracteurs de sable. Des témoignages confirment des extractions de sable avec ensuite transport par voie maritime au moyen des vedettes de pêche à moteur. Outre ces plages éloignées, seules deux plages en contexte urbain ou à proximité des villages sont épargnées par les extractions massives en raison d'une auto régulation par la population locale. Il s'agit des plages de Vouani et de Moya. Dans le premier site, seules les extractions pour des petits travaux de réfection sont tolérées tandis qu'à Moya aucune extraction n'est acceptée.

Les plages aux profils concaves marqués sont toutes soumises à des extractions massives de sable. La majorité de ces plages est située sur l'itinéraire du réseau routier ceinturant l'île au niveau du littoral. On a aussi constaté que des tracés peuvent être aménagés par les populations riveraines pour rendre accessible le littoral. Les volumes mensuels de sable extraits sur ces plages

sont importants. Ils variaient de 100 à 500 mètres cubes en novembre 2009 au niveau des sites qui ont été suivis par les levés topographiques. L'extraction de matériaux tend à se généraliser sur l'ensemble du littoral d'Anjouan. Les sédiments extraits varient selon leurs types (sable fin, sable grossier, gravier, galet et bloc de corail) (tableau 1). Le sable fin, le sable grossier et les graviers sont les plus recherchés. L'extraction des coraux est une activité en voie d'abandon. Destinée à faire de la chaux pour le mortier (Ahmed, 1988), ce matériel de construction est petit à petit remplacé par les autres formations sédimentaires de l'estran et le ciment importé.

Tableau 1. Estimation du volume en m³ de sédiments prélevés selon le type de sédiment au cours du mois de novembre 2009.

Sable fin	Sable grossier	Gravier	Galet	Corail	Total
4104	6269	3639	104	6	14122

En novembre 2009, on a évalué à environ 14 000 m³ le volume de matériaux extrait sur le littoral d'Anjouan. En 1997, ces prélèvements avaient été estimés à 9 000 m³ (PRE-COI/UE, 1997). L'extraction des matériaux de plage pour alimenter le besoin de matériaux de construction de l'île est donc une pratique en progression. À ce rythme, aucune plage de l'île ne peut être épargnée par des extractions « légales » ou illégales du sable.

Les murs comme moyen de lutte contre l'érosion des zones côtières imputées aux extractions du sable

Pour les littoraux les plus fragilisés par les extractions des matériaux de plage et localisés dans des contextes de proximité avec le réseau routier littoral ou avec les zones d'occupation humaine plus dense, on assiste à des constructions de murs pour contrer l'érosion marine. Jusqu'à ces dernières années, ce type de construction visait uniquement à soutenir les routes en corniche comme celle qui relie la Baie d'Anjouan au littoral Sud-Ouest. Désormais, des murs sont également construits en arrière de plages urbanisées pour protéger les habitations avoisinantes. En novembre 2009, quatre nouveaux murs ont été comptabilisés : à Mirontsy (Baie d'Anjouan), Bimbini (Presqu'île de Sima), Chitsangachelle (littoral Sud-Ouest) et Domoni (littoral Est). Tous ces sites se caractérisent par une extraction massive du sable des plages avant la construction des murs et présentent un morphotype concave accusé (figure 9).

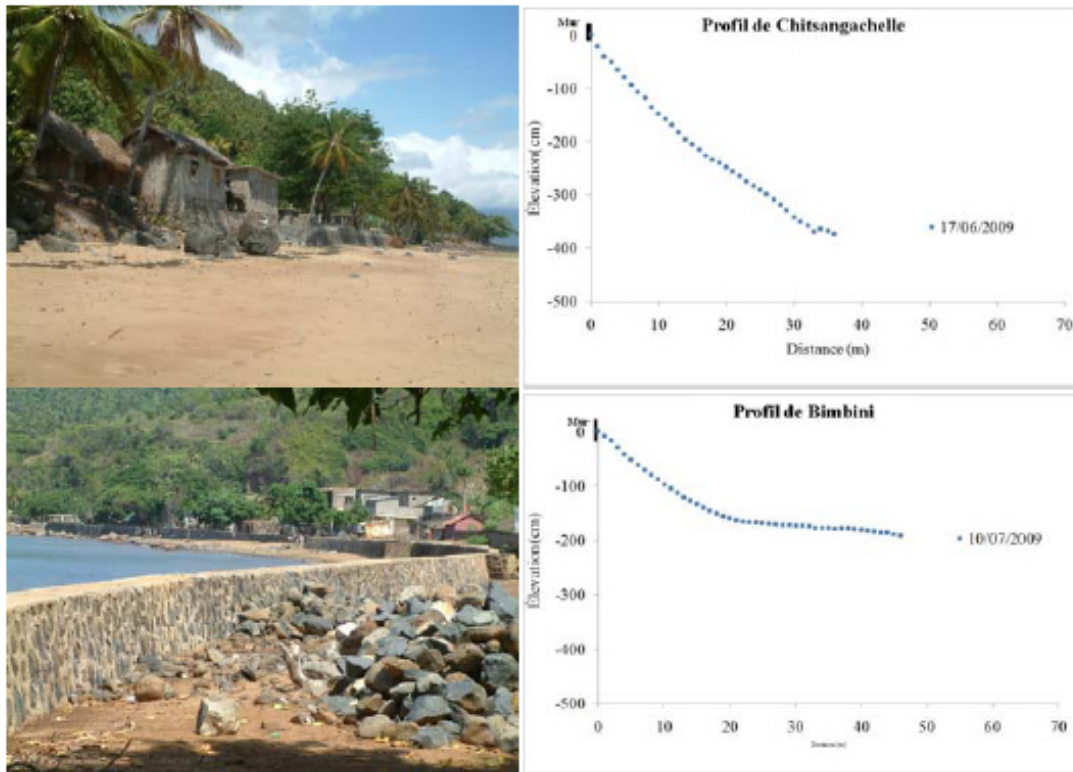


Figure 9. Profils types des plages murées

À Chitsangachelle, la population attribue le déficit sédimentaire de leur plage aux prélèvements de l'entreprise Colas, chargée d'aménager la route littorale Sud-Ouest de l'île. À Bimbini, la plage a été considérée jusqu'à récemment comme la carrière de matériau de construction pour la population locale. Depuis la construction des murs sur les traits de côte de ces littoraux, les prélèvements massifs de sable pour la commercialisation se sont notablement réduits en raison de la prise de conscience des impacts liés à l'érosion, néanmoins on assiste à une persistance des prélèvements pour des besoins personnels.

Ces quatre murs ont été financés par l'UE (Union Européenne), soit dans le cadre du FED (Fond Européen pour le Développement), soit dans celui du PROGECO (Programme de Gestion des Zones Côtières de la Commission de l'Océan Indien) pour Domoni. Dans ce dernier site, les travaux ont été confiés à des associations communautaires ; dans les autres cas, ce sont des entreprises privées qui ont été mises à contribution via le Ministère des Finances et des Budgets de l'Union des Comores. Les coûts de ces ouvrages sont importants. Ils s'élèvent à 189 560 220 francs comoriens (385 285 €) à Bimbini et à 50 219 500 francs comoriens (102 072 €) à Domoni.

Si la communauté internationale appuie actuellement la construction des murs, censés protéger le littoral de la remontée du niveau de la mer associée au changement climatique, l'efficacité de ces ouvrages n'est pas démontrée (Edge, 2000). Il s'agit généralement d'un simple mur vertical - les murs avec des pentes sont inexistant à Anjouan. Ils ont un tracé rectiligne qui ne respecte guère le fonctionnement naturel des plages. L'exemple le plus flagrant est celui de Bimbini. Au lieu d'être construit sur l'arrière plage (espace retro-littoral), le mur occupe le milieu de l'estran (voir photo 4). Sa situation altère les dynamiques sédimentaires verticales le long du profil de plage et l'expose à un déchaussement rapide. Ceci entraînera un abaissement du niveau de la plage comparé à la situation « normale » si aucun mur n'avait été construit. Dans ces conditions, on peut s'attendre à une accentuation de l'érosion de la plage et à la fragilisation du littoral, comme cela s'est passé précédemment, car ce mur est le troisième construit à Bimbini depuis la fin des années 1970. L'entretien de ces ouvrages constitue un autre sujet de préoccupation ; ne faisant l'objet d'aucune programmation budgétaire de la part des pouvoirs publics, il sera à la charge des communautés locales dont il est à craindre qu'elles ne disposent pas des capacités financières suffisantes pour en assumer les coûts, probablement très élevés.

Apports de l'analyse socio-économique des extracteurs du sable de plage

Profil socio-économique

Comme le montre le tableau 2, les femmes sont majoritaires dans cette activité. Les analphabètes sont majoritaires et ceux qui sont allés à l'école ne sont que 40 % à y être allés au-delà du primaire. L'extraction de sable est rarement une mono activité. Il s'agit plutôt d'un complément de revenus pour des pluriactifs, dont une majorité d'agriculteurs. Mais avec les besoins grandissants de matériaux de construction et le renchérissement du prix du sable, le contenu d'un camion de 3 m³ étant vendu entre 12 500 à 20 000 francs comoriens soit environ de 25 à 40€, le nombre d'extracteurs a tendance à augmenter. L'extraction du sable de plage tend à devenir une activité principale. Jusqu'à présent, le prélèvement de sable sur la plage était illicite car interdite par l'article 79 de la loi environnementale de 1994 ; mais la mise en place d'une « taxe » par certaines autorités communales ou villageoises, d'une somme allant de 1 000 à 3 000 francs comoriens (2 à 6 €) pour chaque camion de sable extrait, légalise de fait cette activité. Cette « légalisation » pose problème car elle tend à accroître l'effectif des extracteurs et les volumes prélevés.

Perception des causes et des effets de la dégradation des plages

Sur la question concernant les causes de l'érosion du littoral, les personnes enquêtées évoquent essentiellement des facteurs anthropiques. L'extraction du sable de plages est citée à 72 % comme le premier de ces facteurs. À cela s'ajoutent l'assèchement des rivières et l'envasement du récif corallien résultant de l'érosion des bassins versants due au déboisement. 10 % des extracteurs n'expliquent pas le phénomène. Seuls 2 % l'imputent à une divinité. En revanche, on constate que les extracteurs ont majoritairement conscience des impacts de leur activité sur le littoral ; l'érosion et « l'avancée de la mer » étant cités par 67 % d'entre eux (tableau 3). Les suggestions avancées pour lutter contre l'érosion du littoral sont essentiellement économiques. Il s'agit majoritairement de la mise en place d'une politique de « lutte contre la pauvreté et contre le sous-emploi » (PNUD, 2003). Mais aucune mesure concrète n'est mise en œuvre. Les autres solutions préconisées sont l'interdiction des extractions du sable de plages (7 %) et la recherche de matériau de construction alternatif au sable de plage (5 %). Mais, la construction des murs littoraux est aussi citée dans les mêmes proportions (5 %).

Éléments de discussion

L'analyse des profils saisonniers des plages de l'île d'Anjouan montre une différence entre les plages soumises à une forte extraction de matériau et celles relativement épargnées. Les plages soumises à l'extraction du sable de plage ont une concavité accentuée de leurs profils, signe d'une érosion progressive tandis que les plages épargnées ont une concavité saisonnière irrégulière avec tendance à l'apparition de convexités modérées. Donc l'impact érosif d'une remontée du niveau de la mer se fait plus sentir en contexte de forte anthropisation qu'en contexte de faible anthropisation. Notons toutefois qu'au regard du petit nombre de mesures des profils réalisés jusqu'alors, la plus grande prudence s'impose. Seuls des suivis sur le long terme apporteront les confirmations déterminantes nécessaires. Les suivis de profils sur ce type de plage s'appliquent mal à l'étude des conséquences dues aux changements climatiques en raison des extractions. Ils peuvent actuellement permettre d'évaluer les impacts liés aux extractions mais en aucun cas ils ne peuvent être compris comme révélateurs des variations du niveau marin liées à ces changements.

Tableau 2. Caractères socio économiques des extracteurs du sable de plage.

Sexe	Femmes : 63 %	Hommes : 37 %		
Âges	<24 : 10 %	24-44 : 39 %	44-64 : 46 %	>64 : 5 %
Scolari- sation	Oui : 35 %	Non : 65 %		
Niveau d'édu- cation	Primaire : 61 %	Secondaire : 31 %	Autres : 8 %	
Fonctions	Cultivateur : 58 %	Autres activités : 29 %	Sans emplois : 13 %	
Revenus mensuels en francs comoriens	<50 000 : 87 %	50000- 100 000 : 2 %	Je ne sais pas : 8 %	

Tableau 3. Éléments de perception des causes et des effets de la dégradation des plages.

Causes de l'érosion	Extraction du sable de plage : 72 %	Assèchement des rivières : 13 %	Je ne sais pas : 10 %	Envasement du récif corallien : 2 %	Divinité : 2 %
Impacts des extractions	Érosion côtière et avancée de la mer : 67 %	Je ne sais pas : 12 %	Disparition des sites touristiques : 6 %	Dégradation des terres cultivables : 5 %	Menace sur les villages côtiers : 4 %
Solutions contre l'érosion du littoral	Réduire la pauvreté et créer des activités alternatives : 61 %	Je ne sais pas : 22 %	Interdire l'extraction du sable de plage : 7 %	Recherches de matériau de substitution au sable de plage : 5 %	Construire des murs sur le littoral : 5 %

Le suivi topographique de profil des plages aux îles Salomon atteste la même tendance à l'érosion des littoraux soumis à l'extraction des matériaux (Gilles, 1992). Ainsi, au vu des volumes de matériaux extraits sur le littoral d'Anjouan au cours de ces dernières décennies (enquête PRE-COI/UE de 1997 et l'enquête de 2010 qui fait l'objet du présent article) pour répondre aux besoins de matériau de construction d'une population grandissante, il apparaît que cette pratique contribue grandement à l'érosion côtière. La problématique des extractions du sable de plage se pose aussi sur plusieurs autres îles du Pacifique, des Caraïbes et de l'Océan Indien³. Les phénomènes paroxysmaux des changements climatiques (cyclones, surcote) associés aux extractions de matériaux sur le littoral risquent s'accroître l'érosion du littoral (Thorton et al. 2006 ; Humphries, 2001). Mais, il est ainsi étonnant que les murs soient une solution régulièrement proposée à Anjouan et dans le reste de l'archipel (Persand, 2008) alors que depuis quelques décennies les réflexions sur les littoraux impactés par l'érosion portent sur la mise en place des méthodes allant dans le sens de la restauration de leur fonctionnement naturel (Cambers, 1998). Si les solutions « douces » préconisées pour les pays industrialisés et développés sont trop onéreuses pour être mises en oeuvre dans les pays en développement, quid d'une réflexion adaptée à ces derniers ?

On se doit de constater que la politique de financement des murs à Anjouan par la communauté internationale se fait dans un contexte d'insuffisance de politique de gestion intégrée des zones côtières (GIZC), notamment des littoraux sableux. L'extraction du sable et les demandes de construction de murs par les pouvoirs publics et par certaines associations pour lutter contre les

impacts des changements climatiques et protéger les infrastructures menacées au détriment des plages sont révélatrices de ces insuffisances. Cela d'autant plus que la construction de murs n'est pas significative au vu des solutions suggérées par les usagers du littoral de l'île. Ces derniers imputent avec lucidité l'érosion à la pression anthropique et demandent des mesures socio-économiques pour solutionner les causes de cette érosion du littoral. Ces mesures socio-économiques pourront être recherchées à court et à long terme. A court terme, la solution serait d'appuyer, le secteur agricole d'où proviennent l'essentiel des extracteurs pluriactifs qui recherchent des revenus supplémentaires dans l'extraction du sable et la recherche de matériaux constructions locaux ou importés alternatifs aux sables de plages. A long terme, ces mesures économiques pourront notamment se faire en valorisant d'une autre manière les potentialités économiques de ces plages. Car il faut noter que malgré leurs potentialités éco-touristiques ces espaces ne sont pas jusqu'alors considérées par les pouvoirs publics comme des ressources pouvant contribuer au développement économiques de l'île.

Conclusion

Nous retiendrons que l'état actuel des plages à Anjouan est essentiellement dû à des causes anthropiques, notamment l'extraction du sable de plage. Les acteurs de cette activité à l'instar du reste de la population ont une lecture correcte des causes, des impacts et des solutions à apporter au problème de l'érosion. La solution demeure la lutte contre la pauvreté et la recherche de matériaux de construction alternatifs au sable de plage.

Contrairement aux suggestions faites par ceux qui localement font l'extraction de matériaux de plage, on constate que les pouvoirs publics, avec le soutien de l'expertise et des moyens financiers de la communauté internationale, développent une stratégie de construction de murs sur les rivages. Ces derniers sont présentés

³ <http://coastalcare.org/sand-mining-database>

comme une contribution majeure à la lutte contre les impacts du changement climatique. Or cette solution n'est pas réaliste dans le contexte d'érosion du littoral comorien. Au niveau environnemental, elle risque d'amplifier la vulnérabilité du littoral à l'érosion et, au niveau économique, de peser lourd sur les ressources financières des îles dans l'avenir.

Le réalisme voudrait au contraire que les autorités, tant municipales que nationales, conscientes de l'extrême vulnérabilité des plages d'Anjouan au changement climatique du fait de l'extraction massive de sable dont elles sont l'objet, placent la réduction de cette vulnérabilité comme prioritaire dans les mesures à prendre pour lutter contre le changement climatique à venir. Cette priorité suppose que les plages recouvrent leur équilibre sédimentaire et que des méthodes de défense douce du trait de côte soient privilégiées en place de la construction de murs.

Remerciements

Les auteurs remercient le programme PPF Télédétection, Analyse spatiale/ Analyse d'image et le Conseil Régional de La Réunion qui ont permis le financement de cette étude. Nous remercions tous ceux qui ont participé à la mise en œuvre des démarches présentées dans cet article, Evelyne Payet, Ahmed Ben Omar, Daniel Madjid, Abdoulwahab Ali Sidi, Nafion Kazouine, Samira et Baha ainsi que les étudiants de la troisième année de la Faculté de Science de l'Université de Patsy à Anjouan.

Bibliographie

Ahmed, M., 1988, « Extraction et utilisation des matériaux coralliens aux Comores » in *Le Journal de la Nature* n° 1, p. 24-26

Allenbach, M. et T. Hoibian, 2003, « Evolution naturelle et anthropisation du linéaire côtier de l'île de Wallis : une prise de conscience des extractions du sable de plages », in *les Aires protégées insulaires et littorales tropicales Collections île et Archipels*, no.3 pp. 191-204

Battistini, R. et E. Verin, 1989, *Les Comores*, ACCT / Nathan, 263 p.

Bigot, L., 2003, *Atlas de vulnérabilité des ressources coralliennes peu profondes, nord et sud de la Grande Comore*, ARVAM, AIDE, CNDRS, 52 p.

Bird, E.C.F., 1996, *Beach management*, New York, Wiley & Sons, 281 p.

Cambers, G. 1998, *Manual for the sand dune management in the wider Caribbean*, UNEP, p. 73

Caminade, P., 2004, « La France et l'Union des Comores : Saboter et protéger », *Multitude*, vol 3 / no.17, pp. 119-122

Caras T. et Z. Pasternak, 2009, « Long-term environmental impact of coral mining at the Wakatobi marine park, Indonesia », *Ocean & Coastal Management*, vol. 52 /no 10, pp. 539-544

Chapman M.G et F. Bulleri, 2003, « Intertidal seawalls-new features of landscape in intertidal environments ». *Landscape and urban planning*, no 62, pp. 159-172

Cooper J.A.G. et J. McKenna, 2008, « Social justice in coastal erosion management: The temporal and spatial dimensions », *Geoforum*, vol. 39/ no1, pp. 294-306

Daniel, H., 2001. « Replenishment versus retreat : the cost of maintaining Delaware's beaches », *Ocean Coastal & Management* vol. 44/ no 1-2, pp. 87-104

David, G., Mirault, E., Quod, J.P., Thamassin, A., 2006. « Les concordances territoriales autour de la gestion intégrée des zones côtières : les cas de la Réunion », in *Interaction Nature Société, Analyse et Modèle*, La Baule, 6 p.

Defeo, O., A. McLachlan, D.S. Shoeman, T.A. Schlacher, D. Jenifer, A. Jones, M. Lastra, et F. Scapini, 2009, « Threats to sandy beach ecosystem : a review », *Estuarine, Coastal and Shelf Science* vol. 81/no1, pp. 1-12

Desse, M.2003, « Les difficultés de gestion d'un littoral de survie à Haïti », *Cahier de Géographie du Québec*, no 44, pp. 63-83

Diesing M. K. Schwarzer, M. Zeiler et H. Klein, 2006, « Comparison of marine sediment extraction site by mean of Shoreface zonation », *Journal of Coastal Research*, vol. 39, pp. 783-788

Edge, L.E., 2000, « Eleven things engineer things a geologist should know about carbonate beaches », in *Carbonate Beaches 2000*, ASCE, pp. 15-20

Friezinger, S. et P. Bernatchez, 2008, « Perception des communautés côtières de Saint-Laurent face aux changements climatiques : aléa et adaptations, Québec Canada », *Actes du colloque international pluridisciplinaire, Le littoral : subir, dire, agir*, Lille, (France), 16-18 janvier 2008

Gaudard, H.R. et A. Kaufmant, 2001, « La vague déferlante de l'immigration », *Mappemonde*, no. 64, pp. 7-14

Gerard, Y., 2006, *Transformations urbaines et dynamiques résidentielles dans l'archipel des Comores*, Thèse de doctorat de géographie, Université de La Rochelle, 391 p.

Gilles, R.D., 1992, *Ranadi beach coastal study Honiara, Guadalcanal, Salomon Islands*, Sopac technical report, no 152, 157 p.

Goreau, T. J., R.L. Hayes et A.E. Strong, 1997, « Tracking South Pacific Coral Reef Bleaching by Satellite and Field Observations », *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, no. 2, pp. 1491-1494.

Humphries, L., 2001, « A review of relative sea level rise caused by mining-induced subsidence in the coastal zone: some implications for increased coastal recession, *Climate Research* », no. 18, pp. 147-156

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, *Integrating Analysis of Regional Climate Change and Response Options*, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, Denarau Island,(Fiji), 280 p.

Kench, P.S. S.L. Nichol, S.G. Smithers, R.F. McLean, R.W. Brander, 2008, « Tsunami as agent of geomorphic in mid ocean-reef islands », *Geomorphology*, vol. 95/ no 3-4, pp. 361-383

Klotchkoff, J.C., 1995, *Les Comores Aujourd'hui*, Les Editions du Jaguar, 239 p.

Lewsey, C., G. Cid et E. Kruse, 2004, « Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean », *Marine Policy*, vol. 28 / no 25, pp. 393-403

Marin, V. F. Palmisanib, R. Ivaldic, R. Dursib et M. Fabianoa, 2009, « Users' perception analysis for sustainable beach management in Italy », *Ocean & Coastal Management*, no. 52, pp. 268-277

Mc Sweeney, C. et al. 2008, *Climate Change Country Profiles : Comoros*, UNDP, 26 p.

Miossec, A. 1994, « La gestion du trait de côte du littoral des Etats-Unis pratiques exemplaires ? » In *Actes des 3e journées nationales Génie civil - Génie côtier*, Perpignan, Presses Universitaires de Perpignan, pp. 271-277

Miossec, A., 2000, « Impacts socio économique de l'élévation du niveau de la mer », in *Le changement climatique et les espaces côtiers*, Actes de Colloques d'Arles du 12 au 13 octobre pp. 38-46

Mimura, N. et P. Nunn, 1998, « Trends of Beach Erosion and Shoreline Protection in Rural Fiji » *Journal of Coastal Research*, vol. 14, pp. 37-46.

- Ministère du développement rural de la pêche, de l'artisanat et de l'environnement 2003, Programme d'action nationale d'adaptation aux changements climatiques (PANA), 92 p.
- Ministère du plan, de l'aménagement du territoire, de l'énergie et de l'urbanisme, 2005, Principaux résultats du recensement général de la population et l'habitat du 15 septembre 2003, 25p.
- Oraison, A., 2004, « La mise en place des institutions de l' « Union des Comores » prévues par les institutions du 23 décembre 2001 », Revue Française de Droit constitutionnel, no.60, pp. 771-795
- 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 du 12 et 13 octobre 2000, pp. 14-20
- Paskoff, R., 1998, Les littoraux, impact de leur aménagement sur leur évolution, Masson, Paris 3eme édition, 260 p.
- Pernetta, J C., 1992, « Impact of climate change and sea-level rise on small islands state : national and international responses » Global Environmental Change, no. 2 pp. 19-31.
- Peersand, S., 2008, Evaluation de l'érosion côtière et formulation de quelques propositions en vue d'interventions avec le financement coordonné avec le financement du ProGeCo : Ile de Mohéli, Union des Comores , Programme de Gestion des Zones Côtieres/ Commission de l'Océan Indien, Union Européenne 77p.
- Peters, B.T.M et S.J.M.H. Hulscher, 2006, « Large-scale offshore sand extraction : what could be the results between model and decision process ». Ocean & Coastal Management, no. 49, pp. 164-187
- Polomé, P, S. Marzetti et A. van der Veen, 2005, « Economical and social demand for coastal protection », Coastal Engineering, vol. 52/no.11-12, pp. 819-840
- PRE-COI/UE, 1997, Rapport national pré-audit des Comores : bilan socio économique de la zone côtière des Comores, Programme Régional Environnemental Commission de l'Océan Indien /Fond Européen pour le Développement, 213 p.
- Programmes des Nations Unies pour le Développement, 2006, Genre et développement humain, Programme des Nations Unies pour le Développement, Moroni (Comores) 76 p.
- Programme des Nations Unies pour le Développement, 2003, Rapport national sur les objectifs du millénaire pour le développement, Programme des Nations Unies pour le Développement, Moroni (Comores), 51 p.
- République Fédérale Islamique des Comores, 1994, « Promulgation de la loi relative au cadre de l'environnement, République Fédérale Islamique des Comores », 14 p.
- Robineau, R., 1966, Société et économie d'Anjouan, ORSTOM, Paris, 263 p.
- SHOM, 1984, « Instructions nautiques Océan Indien Sud : Madagascar, Îles Éparses, Terres australes et antarctiques françaises », Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), vol 9, pp 161-184
- Sidi, A., 1998, Anjouan, l'histoire d'une crise foncière, L'Harmattan, 339 p.
- Taglioni, F. 2008, « L'île d'Anjouan figure de la balkanisation de l'archipel des Comores », Echo Géo <http://echogeo.revues.org> , mis en ligne le 02 septembre 2008
- Thornton E.B, A. Sallenger, J.C. Sesto, L. Egley, T. McGee et R. Parsons, 2006, « Sand mining impact on long-term dune erosion in Southern Monterey Bay », Marine Geology, vol. 229/no. 1-3 p. 45-58
- Tompkins, E.L., 2005, « Planning for climate change in small islands : insights from national hurricane preparedness in the Cayman Islands », Global Environmental Change, no.15, pp. 136-449