

PANORAMA DES CONSÉQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE À TRAVERS LA REMONTÉE DU NIVEAU OCÉANIQUE : ÉROSION CÔTIÈRE ET SALINISATION DES EAUX ET DES SOLS

Luc Descroix¹⁻², Honoré Dacosta³, Tidiane Sané⁴, Marie-Christine Cormier Salem¹⁻², Ansoumana Bodian⁵

*¹ IRD UMR PALOC IRD/MNHN/Sorbonne Universités
² LMI PATEO*

³ UCAD, Département de Géographie

*⁴ UASZ, Département de Géographie, LMI PATEO
et chercheur associé à l'UMR PALOC IRD/MNHN/Sorbonne Universités*

⁵ UGB, Département de Géographie, LMI PATEO

Résumé

La Basse Casamance est à l'image d'une grande partie des zones littorales ouest-africaines, un ensemble de marais et vasières maritimes s'étendant en profondeur dans le continent ; l'altitude y est très faible, de quelques centimètres à un ou deux mètres, sur plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur. Comme l'ensemble de la région, elle est soumise aux conséquences du changement climatique et principalement à l'élévation du niveau océanique. Celui-ci entraîne en Basse Casamance, comme dans toute la sous région, deux conséquences principales, la salinisation des bolons et des bas fonds, ainsi que l'érosion côtière. Les deux processus causent des problèmes croissants, entraînant la stérilisation de certaines rizières, sans que l'on sache exactement quel est le rôle respectif de cette élévation et du manque d'entretien des digues protégeant les agro-systèmes. L'érosion côtière a déjà provoqué de nombreuses destructions, en particulier parmi les équipements touristiques et dans les villages côtiers, tout particulièrement les villages de pêcheurs.

Cependant, comme une grande partie des littoraux ouest africains, la Basse Casamance comporte face à ce processus inéluctable un atout primordial : sa mangrove, qui « pousse » en même temps que le niveau de la mer monte et représente, en même temps qu'un très riche écosystème, une protection pour la zone littorale et pour l'arrière pays ; une ressource à protéger donc à tout prix.

Mots clés : réchauffement climatique, élévation du niveau océanique, érosion côtière, salinisation

Abstract : The Lower Casamance region, as most of the coastal area of West Africa, is composed of swamps and humid areas through several tens kilometers inland; elevation is very low, ranging from some centimeters to 2 meters high. This area is subject of the consequences of climate change, mostly the sea level rising. The latter leads to two main consequences: the soil, coastal rivers and “bas fonds” salinisation, as well as the coastal erosion. Both processes cause increasing problems, such as rice fields sterilization; however it is not easy to distinguish the respective role of sea level rising and the rural abandonment and lack in dykes maintaining. Coastal erosion already caused numerous destructions, mostly touristic equipments and coastal villages, particularly fishermen villages.

However, as most of west African coastal areas, the lower Casamance area owns a strong asset to fight these threats: the mangrove, which “grows” simultaneously with sea level rising and constitutes as well a very rich ecosystem as a protecting device for coastal and the inland areas; this is thus a resource to be protected.

Key words: global warming, sea level rising, coastal erosion, salinisation

INTRODUCTION

L'élévation du niveau de la mer est un fait incontestable ; les marégraphes l'enregistrent depuis plusieurs décennies et depuis les années 1990, les satellites altimétriques permettent de s'en assurer en temps réel et avec une excellente précision.

Par ailleurs, les rapports du GIEC mettent en évidence le réchauffement climatique de manière indubitable, et la plupart des experts le corrélient aux activités humaines, en particulier à l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, ceux émis par l'homme se sommant aux quantités présentes naturellement dans l'atmosphère.

Indispensable à la vie sur Terre, l'**effet de serre** est dû à la présence naturelle de certains gaz dans l'atmosphère terrestre. Depuis le XX^e siècle, il est accentué par des **émissions de gaz** supplémentaires, liées aux activités humaines telles que l'agriculture, l'usage de combustibles fossiles et les rejets industriels. Selon une grande majorité de scientifiques, le surplus d'effet de serre dû aux activités

humaines a joué un rôle déterminant dans le changement climatique des dernières décennies.

Le réchauffement observé depuis 1950 est "sans équivoque", précise le résumé à l'attention des décideurs, et le GIEC estime aujourd'hui qu'"il est **extrêmement probable** [c'est à dire avec une probabilité d'au moins 9,5 chances sur 10 pour que l'affirmation soit correcte] que l'influence humaine sur le climat a été la cause dominante du réchauffement observé depuis le milieu du vingtième siècle". Ce réchauffement est constaté à la lecture des données atmosphériques et océanographiques ainsi que dans les modifications du cycle global de l'eau, dans la réduction des couvertures neigeuses et glaciaires ou encore dans l'observation de certains événements climatiques extrêmes (5^{ème} rapport du GIEC, septembre 2013).

Le lien entre réchauffement climatique et augmentation du niveau de la mer est également clair, par la combinaison de deux facteurs : la dilatation de l'eau du fait du réchauffement, qui expliquerait un tiers de cette élévation, et la fonte des glaces polaires, inlandsis, calottes, glaciers et permafrost, augmentant la part de l'eau liquide dans le bilan global, qui expliquerait les deux tiers restants de cette élévation.

Les conséquences en sont partout les mêmes : érosion côtière, destruction des zones de marais littoraux (avec rizières, mangroves, pâturages, etc.), pénétration plus importante de l'eau salée dans les estuaires, deltas et marais maritime, d'où salinisation des sols, et risque accru de submersion lors des fortes marées.

Les zones les plus exposées sont, à l'échelle mondiale, les zones basses de deltas telles que le Bangladesh (delta du Gange et du Brahmapoutre), les autres grands deltas d'Asie du SE (Mékong, Irrawadi, Salouen, Yangzi Jiang, Fleuve Rouge, Chao Praya, etc) les Pays Bas (deltas du Rhin, de l'Escaut et de la Meuse), le delta du Mississippi et de l'Amazone, mais aussi les nombreux deltas de la façade atlantique de l'Afrique, du fleuve Sénégal à l'Ogoué.

Les deltas d'Afrique de l'Ouest ne font pas exception et hormis celui du Sénégal, très peuplé depuis quelques décennies, tous ont développé une activité rizicole ancestrale dans les marais maritimes, naturellement recouverts par la mangrove, une formation végétale adaptée au battement des marées comme aux variations de la salinité de l'eau de mer. Ce sont donc des zones particulièrement peuplées (bien plus densément que l'intérieur des terres) et aux activités

économiques diverses, variées, et demandant une grande intensité de main d'œuvre.

Ces zones littorales sont éprouvées depuis plusieurs décennies par le changement climatique, en particulier la sécheresse, qui a affecté l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest de 1968 à 1995, la pluviométrie y ayant ré-augmenté après cette dernière date. Cette sécheresse a aussi fortement touché ces zones par la très forte diminution des apports d'eau douce venus du continent qu'elle a provoqué ; avec les apports liquides, les apports sédimentaires ont également fortement baissé. Cela a provoqué une hyper-salinisation des deltas et estuaires, provoquant la mort de la mangrove et la stérilisation des rizières. Mais depuis les années 1980, on observe une nouvelle contrainte, venue de la mer, avec l'élévation du niveau océanique, qui apporte avec elle l'érosion côtière, la salinisation des eaux souterraines et des sols, ici comme à l'échelle globale comme on l'a évoqué plus haut.

1- Deux faits incontournables : le réchauffement climatique et l'élévation du niveau de la mer

Une accélération de la remontée du niveau marin depuis un siècle

La couverture spatiale des marégraphes est loin d'être idéale, mais elle a été améliorée considérablement ces dernières décennies. Les observations marégraphiques disponibles depuis 150 ans indiquent que la mer a recommencé à monter au cours du XXe siècle, à une vitesse moyenne de 1,8 mm par an. Ces deux dernières décennies, cette hausse a presque doublé par rapport aux décennies précédentes ; c'est ce que montrent les observations des satellites altimétriques franco-américains *Topex/Poseidon*, *Jason-1* et *Jason-2*, développés par le CNES (Centre national d'études spatiales) et la NASA (National Aeronautics and Space Administration des Etats-Unis d'Amérique) depuis 1992. Elle atteint aujourd'hui 3,2 millimètres par an en moyenne globale (fig. 1), avec de petites fluctuations interannuelles et décennales principalement liées à l'Oscillation australe (hausses pendant les événements El-Niño et baisses pendant les phases La Niña).

Tout suggère que la hausse actuelle du niveau de la mer est liée au réchauffement climatique affectant la planète depuis quelques décennies. Au cours de la deuxième moitié du XXe siècle l'océan s'est beaucoup réchauffé. La dilatation thermique des océans causée

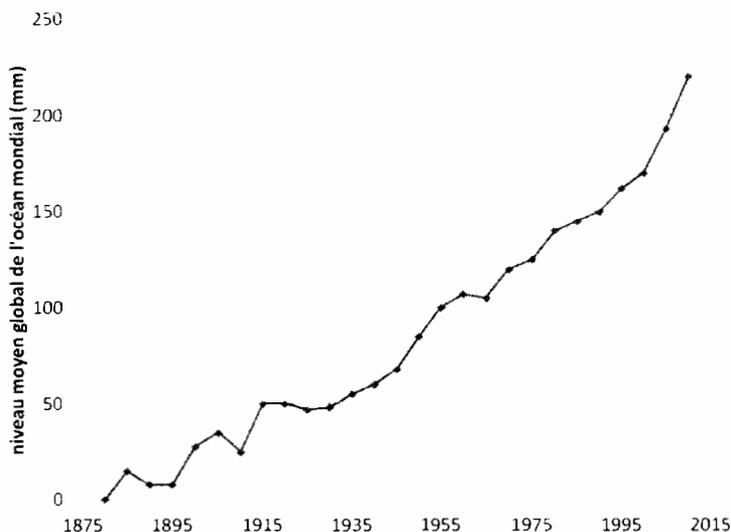
par l'augmentation de la température de la mer explique une partie de la hausse observée du niveau de la mer. Depuis quelques années, on assiste à un déclin important des glaces continentales. Les glaciers de montagnes fondent et les glaciers périphériques du Groenland et de l'Antarctique de l'ouest s'écoulent dans l'océan à une vitesse accélérée. C'est l'autre grande cause de l'élévation actuelle du niveau de la mer. Pour les deux dernières décennies, la dilatation thermique de l'océan et la fonte des glaciers ont contribué chacun pour environ 30 % à la hausse observée du niveau de la mer. La perte de masse des calottes polaires explique quant à elle environ 20 % (Cazenave et Llovel, 2010 ; rapport du GIEC, 2007)

Le rapport du GIEC3, en date de 2007, indique que la remontée du niveau marin à l'horizon 2100 devrait se situer entre 20 et 60 cm, selon les différents scénarios des émissions de gaz à effet de serre considérés. Les projections du GIEC de 2007 seront très probablement dépassées : les simulations les plus récentes suggèrent une remontée du niveau marin comprise entre 60 et 180 cm en 2100.

L'enjeu est de taille : plus de trois milliards de personnes, soit la moitié de la population mondiale, habitent sur une côte ou à moins de 200 km d'un littoral et un dixième de la population vit aujourd'hui à moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer (Deschamps et Courcoux, 2014).

D'autres facteurs, telle la diminution des apports sédimentaires à la mer par les fleuves, causée par la construction de barrages, l'urbanisation intensive du littoral, la modification des courants côtiers, etc., contribuent aussi à modifier la morphologie de la côte. Pour de nombreuses régions du monde (y compris la France et ses départements et territoires d'outre mer), la contribution respective de ces différents facteurs à l'érosion du littoral est encore incertaine. Des « modèles » d'évolution et de vulnérabilité des zones côtières en réponse aux forçages anthropique et climatique sont des outils d'aide à la décision devenus indispensables pour les responsables politiques en charge de l'aménagement du territoire.

Figure 1. *Élévation du niveau des mers*



Les Principales conséquences potentielles de l'élévation du niveau de la mer

Les submersions

Dans la perspective d'une élévation du niveau de la mer, les submersions sont le plus à craindre sur les plaines deltaïques, à la topographie à fleur d'eau, parsemées d'étangs et de lagunes, où la limite entre la terre et la mer est souvent indécise. C'est le cas de la Camargue sur sa marge littorale (Paskoff, 1998a et Paskoff, 1998b).

En raison de leur position dans l'espace intertidal, les marais maritimes paraissent particulièrement menacés d'inondation permanente par une élévation du niveau de la mer. (Paskoff, 1998a et Paskoff, 1998b). Dans une conjoncture d'élévation du niveau de la mer, comme pour les marais maritimes des latitudes tempérées, les vasières à mangrove peuvent connaître trois types différents d'évolution qui dépendent du rapport de forces entre la vitesse de cette élévation et l'importance de la sédimentation : submersion et donc disparition de la forêt ; migration latérale vers la terre ; maintien, voire extension aux dépens de la mer.

L'érosion du trait de côte est l'un des aléas qui s'exerce sur les zones littorales. Elle induit trois types de risques : (1) la perte de terrain, (2) la fragilisation par érosion de défenses côtières naturelles

(ex. dunes) ou artificielles (ex. digues en terre) pouvant parfois entraîner une rupture, (3) la sape d'ouvrages de protection par affouillement. Ces risques seront potentiellement aggravés par l'élévation du niveau marin. L'élévation du niveau marin pourra induire ou aggraver deux types de submersions : des submersions permanentes de zones basses (notamment de marais côtiers) et des submersions de tempêtes marines temporaires.

Ceci étant, la mangrove est surtout un bon bouclier face à l'érosion côtière, pour les côtes ouest-africaines ; les zones de marais maritimes côtiers en forte accrétion depuis 30 ans sont fréquentes malgré l'élévation du niveau de la mer. Il faut distinguer les marais maritimes deltaïques en voie de disparition et les marais estuariens en voie d'expansion. Paskoff (2001) rassemble des exemples d'expansion ou la translation de nombreux marais maritimes corrélatifs de l'élévation du niveau marin. Il décrit les processus de sédimentation péritique verticale liés à l'augmentation de l'énergie cinétique des courants ; *« les côtes des régions tropicales pluvieuses sont actuellement abondamment alimentées en sédiments fins, limons et argiles, qui nourrissent les vasières ; cela, à la fois pour des raisons naturelles – régimes pluviométriques, en particulier ceux à contrastes saisonniers, prédominance de l'altération chimique des roches- et humaines – aggravation de l'érosion des sols »* ; plus loin, le même auteur ajoute : *« l'élévation attendue du niveau de la mer ne devrait pas menacer véritablement les vasières à mangrove du monde en dépit de certaines prédictions pessimistes qui ont fait depuis l'objet de discussions »* (Paskoff, 2001). Enfin, relativisant la question de l'élévation du niveau océanique dans la perspective du changement climatique planétaire, Paskoff (2001) montre que ce changement climatique *« devrait aussi avoir d'autres implications, comme les modifications dans le régime des pluies, donc des apports en eau douce, ou dans celui des températures et, par voie de conséquence, sur la cyclogénèse, autant de facteurs qui pourraient avoir des impacts sur les forêts de palétuviers »*. Paskoff précise que le plus grand danger pour les mangroves n'est pas cette élévation du niveau océanique mais leur démantèlement par l'homme ; or, Andrieu (2008) a montré depuis que, si la mangrove mondiale est globalement menacée, celle d'Afrique de l'Ouest se porte plutôt bien ; elle semble en progression ces dernières années.

Les phénomènes de salinisation

Les phénomènes de salinisation sont susceptibles d'affecter les estuaires qui correspondent à des embouchures de fleuves dans lesquelles la marée pénètre amplement (Paskoff, 1998a et Paskoff, 1998b).

Les aquifères côtiers constituent une ressource en eau importante pour des usages domestiques, agricoles et industriels dans de nombreuses régions du monde (Ledoux et al. 1990). Des modifications de l'hydrologie et hydrogéologie sur le littoral résultent des déplacements de l'interface eau douce eau salée (Kim *et al.* 2009). Les aquifères côtiers sont plus ou moins sensibles aux intrusions salines sous conditions naturelles et/ou sous influence anthropique (exploitation par pompage), en fonction de leur structure, de leur hétérogénéité et de leur relation avec les eaux de surface (au niveau des estuaires). Ils sont caractérisés par une interface entre des eaux souterraines de deux types (Planton *et al.*, 2012) :

- L'eau douce des aquifères provenant de l'infiltration des précipitations, des cours d'eau (ruissellement) au niveau de la surface continentale.
- L'eau salée qui imprègne les terrains au voisinage des côtes ou qui pénètre les cours d'eau au niveau des estuaires et peut ainsi donner lieu à la salinisation des eaux souterraines en relation hydraulique avec les eaux de surface (Planton *et al.*, 2012).

La réduction de volume des eaux douces souterraines

Deux masses d'eau souterraine entrent en contact dans l'espace littoral où l'eau douce de l'aquifère continental s'écoule sur l'eau salée immobile. Si le niveau de la mer s'élève, l'interface abrupt qui les sépare va se déplacer latéralement vers la terre et le niveau piézométrique sera rehaussé. Dans ce cas, la surface d'alimentation de la nappe phréatique d'eau douce par l'infiltration des pluies sera d'autant plus réduite que la pente de la topographie côtière est faible (Paskoff 1998b).

Un accroissement de la fréquence des surcotes

Les submersions temporaires, à la suite de la rupture de bourrelets dunaires ou de digues, d'espaces côtiers bas, occupés par de l'habitat ou exploités à des fins agricoles, risquent d'être plus nombreuses qu'aujourd'hui dans une conjoncture de réchauffement du climat et

d'élévation concomitante du niveau de la mer. On a déjà dit que, sur les littoraux des régions tropicales frappées habituellement par des cyclones, ceux-ci se manifesteront probablement plus souvent et avec plus de force. Pour les latitudes tempérées, des modélisations font aussi apparaître des surcotes plus fréquentes liées aux ondes de tempêtes, événements dus à la conjonction d'une diminution notable de la pression atmosphérique et de vents violents accumulant de l'eau à la côte. L'élévation temporaire du niveau de la mer peut être encore accentuée par une situation de marée de vive eau et un effet de résonance lié à la configuration du lit marin (Paskoff 1998b).

Une conséquence du réchauffement lié aux activités humaines

La dégradation des marais maritimes, la mort de récifs coralliens, l'érosion des plages, la salinisation des nappes phréatiques constituent des dégradations, le plus souvent irréversibles, de milieux côtiers, dégradations dans lesquelles l'homme a presque toujours la plus grande part de responsabilité. Cela étant dit, elles pourront être encore aggravées si le niveau marin continue à s'élever et surtout si cette élévation s'accélère. Il faut s'attendre ici, dans les décennies à venir, non seulement à un recul significatif du trait de côte dans beaucoup de secteurs, mais aussi à une extension appréciable des terrains submergés de façon permanente et à un élargissement des phénomènes de salinisation des nappes d'eau souterraines et des sols (Paskoff 1998b).

2- Les conséquences pour la zone littorale de l'élévation du niveau de la mer

Un point sur la situation du littoral ouest africain

La salinisation des basses terres et de leurs eaux

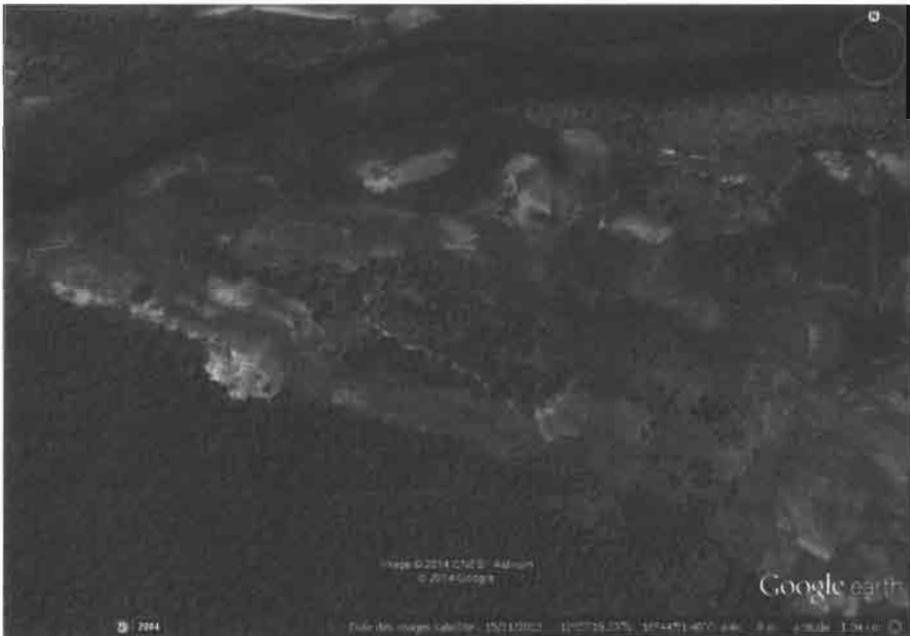
De fait, les informations basées sur des mesures in situ sont rares, voire très rares. Et pourtant, de Varela à Kafountine, de Sedhiou à Diembéring, mais aussi, bien plus au nord, à Niakhar dans la vallée du Sine, les habitants et acteurs des zones rurales sont nombreux à se plaindre de la salinisation des eaux souterraines, voire des sols. Dans de nombreux villages de Casamance littorale, les agriculteurs abandonnent certaines parcelles dans les zones les plus basses parce qu'ils n'arrivent plus à les dessaler avant la mise en culture.

L'analyse fine de photographies aériennes appuyées par des enquêtes de terrain permet de prendre la mesure d'un éventuel

abandon de parcelles, sans qu'on puisse être sûr que l'abandon lui-même soit lié à l'excès de sel dans le sol, ni si celui-ci soit dû à la remontée du coin salé ou à un défaut de dessalement.

Toujours est-il qu'à Bouyouye (enquêtes menées de mai à juillet en 2014), des rizières ont été abandonnées : « *Cela fait longtemps que l'on a un problème de sel mais maintenant c'est plus catastrophique qu'avant car il y a moins de pluie qui dilue moins l'eau des bolons. Plus de la moitié des rizières est gâtée par la salinité* ». « *Le problème est ancien. Toutes les femmes réunies ici ont connu ce problème. Seule la plus âgée d'entre nous à connu la période sans problème de sel* » « *L'eau salée avance* »

Figure 2. Rizières de Bouyouye ; les zones en noir sont les parcelles abandonnées, plus nombreuses dans les zones les plus basses : salinisation croissante ou plus grande difficulté à dessaler les casiers, faute de main d'œuvre ?



A Diembéring, les agriculteurs signalent des « *Problèmes de salinité dans les rizières près de la mer et des bolongs* » ; mais aussi des problèmes de manque de main d'œuvre et d'entretien des digues : quelle est la cause première ? On a entendu les mêmes doléances à Cabrousse, mais aussi à Iale et à Madina (Varela, Guinée Bissau) ;

dans ce dernier cas, il ne semble pas y avoir de problème de main d'œuvre mais les problèmes sont aggravés (accélérés) par l'exploitation du zircon qui fait entrer l'eau salée dans la nappe en plus d'y provoquer d'autres pollutions.

La figure 2 est un extrait de Google Earth de novembre 2013 montrant qu'une grande proportion des rizières est abandonnée, les enquêtes ayant montré que c'est dû à la salinisation des sols, en lien avec la remontée du niveau océanique. Les parties abandonnées sont toutes proches des *bolons* (nom diolas donné aux marigots de la mangrove).

Des enquêtes de détail et menées localement auprès des acteurs pourront nous aider à déterminer si le défaut d'entretien des digues a pu contribuer à accélérer la salinisation liée à la remontée du niveau. Il est urgent de documenter l'entrée de l'eau salée dans sels et *bolons* afin de connaître l'impact éventuel du changement climatique.

L'érosion côtière

Quelle est réellement l'évolution du littoral en Afrique de l'Ouest ? La thèse de Faye (2010) a très bien illustré l'évolution du trait de côte de 1986 à 2000 sur une partie du littoral nord de la Casamance.

Ce processus est bien plus connu car plus médiatisé et moins insidieux que la salinisation, il frappe bien plus les esprits parce que le phénomène est visible du grand public, des équipements touristiques sont emportés ou endommagés.

A l'inverse de la salinisation, l'érosion côtière est, elle, en partie documentée, et a été bien renseignée en 2010 sur l'ensemble du littoral ouest africain par la thèse de Faye.. Elle fait aussi l'objet d'une attention toute particulière de la part de la MOLOA (Mission d'Observation du Littoral Ouest Africain).

Dans les années 2000-2010, les habitants, les acteurs, puis parfois les autorités ont alerté sur l'avancée de la mer, devant la destruction des plages et des équipements touristiques, tout d'abord sur la Petite Côte, mais aussi, dès 2004-2005 dans la région de Kafountine, puis dans la région la plus touristique de la Casamance, celle de Cap Skirring. Malgré tout des études régionales sont nécessaires puisque le processus est en cours d'accentuation, menaçant de plus en plus des zones d'habitation. L'onde de tempête qui a fait parler d'elle fin mai-début juin 2014 a fait de gros dégâts dans la région de Dakar, mais

loin des journalistes, une dizaine de maisons ont été emportées au village de Djogué, à l'embouchure du fleuve (Figure 3).

Les moyens d'action sont faibles en regard de la puissance du processus. Le « rempart » qui protège les maisons de Carabane (Figure 4) paraît bien frêle, même si ce littoral n'est pas directement face aux houles.

Après des études récentes consacrées au delta du Sénégal (Ba, 2013 ; Sy, 2013 ; Fall-Niang, 2014), il semble important de se pencher sur la zone sud. Salinisation des basses terres et de leurs eaux, et érosion côtière, semblent s'aggraver ces dernières années. L'un et l'autre méritent qu'on les documente, en particulier en Casamance où elles sont mal connues.

Figure 3. Le village de Djogué est en train d'être emporté par les flots (embouchure du fleuve Casamance, rive droite)



CONCLUSION

Le zircon va-t-il aggraver les deux processus, salinisation et érosion côtière ?

Mais l'une et l'autre risquent aussi d'être exacerbées par l'exploitation du zircon, très recherché, car celui des dunes de la Casamance aurait une plus forte teneur en minerai que celles, déjà exploitées, et de Gambie et de Guinée Bissau, ainsi que de la Grande Côte sénégalaise.

Figure 4. Mur protégeant les maisons contre l'érosion côtière, Carabane, juillet 2014 (embouchure du fleuve Casamance, rive gauche)



Il faut qu'acteurs et décideurs soient informés des impacts possibles de cette exploitation, tant pour les sociétés que pour les environnements si interdépendants dans l'agro-système littoral si riche de la Basse Casamance.

Quoiqu'il en soit, ces aspects demandent à être documentés aussi afin de pouvoir dresser des diagnostics concernant le déclin, le maintien et le développement de ces agro-systèmes où terre et mer sont imbriqués et dans lesquels l'exploitation des richesses aquatiques fait partie des revenus de centaines de milliers de riziculteurs. Il en va peut être de la survie d'un agrosystème pluri séculaire, fondé sur une

civilisation du riz qui a su maîtriser le sel et adapter ses activités à la présence constante de cette contrainte qui est aussi une ressource.

RÉFÉRENCES

- AMAP, (*Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic* (SWIPA) 2011 - Executive Summary [archive])
- Andrieu, J., 2008. Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières du Sud (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau). Thèse de géographie, Université Paris 7, 532 p.
- Ba, K., 2013. Apport de la télédétection et des SIG dans l'étude de l'évolution de la Langue de Barbarie et de l'estuaire du fleuve Sénégal, Thèse de Doctorat, université Cheikh Anta Diop, 212 p.
- Cazenave, A., and W. Llovel, 2010. "Contemporary sea level rise", *Annual Review of Marine Science*, pp. 145–173, Annual Reviews, Palo Alto, Calif. doi:10.1146/annurev-marine-120308-081105.
- Cazenave, A., and Le Cozannet, G. 2014. "Sea level rise and its coastal impacts". *Earth's Future*. Volume 2, Issue 2, pages 15–34, February 2014
- Deschamps, P. et Gourcoux, G., 2013. *Quand la mer monte, les coraux se souviennent* ; IRD, FAS 343
- Deschamps P., Durand N., Bard E., Hamelin B., Camoin G., Thomas A.L., Henderson G.M., Okuno J., Yokoyama Y. "Ice sheet collapse and sea-level rise at the Bølling warming 14,600 yr ago". *Nature* 483, 559-564 (2012).
- Fall Niang A, 2014. Environnement et ressources en eau dans le bas estuaire du fleuve Sénégal, thèse UCAD, 320 p.
- Faye, I.B.N., 2010. Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photointerprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse, UBO, Brest, 320 p.
- Kim K.Y., Y.S. Park, G.P. Kim et H.H. Park (2009) "Dynamic freshwater –saline water interaction in the coastal zone of Jeju Island, South Korea", *Hydrogeology Journal*, 17, 617-629.
- Ledoux E., S. Sauvagnac et A. Rivera (1990) "A compatible single-phase/two phase numerical model : 1. Modeling the transient salt-water/fresh-water interface motion". *Ground Water*, 28, 79-87.

- Origny, J. 2006. « Les migrations climatiques générées par la hausse inégale du niveau de la mer » - *Perspectives géopolitiques*. Vol. Collège Interarmées de Défense.
- Paskoff, R. 1998a. « Conséquences possibles sur les milieux littoraux de l'élévation du niveau de la mer prévue pour les prochaines décennies ». In: *Annales de Géographie*. 1998, t. 107, n°600. pp. 233-248. doi : 10.3406/geo.1998.20847
- Paskoff, R., 1998b. « Impacts à attendre d'une élévation du niveau de la mer sur les côtes françaises) ». In: *Impacts potentiels du changement climatique en France au 21^{ème} siècle* Ministère de l'Aménagement du Territoire, p. 46-53.
- Paskoff, R., 2001. *L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers ; Le mythe et la réalité*. Collection « Propos », Institut Océanographique, Paris, 191 p., 70 fig.
- Planton, S., A. Cazenave, P. Delecluse, Dorfliger, N., P. Gaufres, D. Idier, M. Jamous, G. Le Cozannet, H. Le Treut, Y. Peings, Évolution du niveau de la mer Sous la direction de J. Jouzel Février 2012 (Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement ; L'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC).
- Strove, J., M.K. Holland, W. Meier, T. Scambos, and M. Serreze, 2007, *Arctic sea ice decline: faster than forecast*, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L09501, doi: 10.1029/2007/GL029703.
- Sy, A.A. ;2013. Dynamique sédimentaire et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandiou, littoral Nord du Sénégal, littoral Nord du Sénégal, Thèse de Doctorat, UGB, 293p.
- Velicogna, I., 2009: *Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE*, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L19503, doi:10.1029/2009GL040222.
- Watson T.A., A.D. Werner et C.T. Simmons (2010): "Transience of seawater intrusion in response to sea level rise", *Water Resources Research*, 46, W12533, 10p, doi:10.1029/2010WR009564.
- Werner A.D. et C.T. Simmons (2009), "Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers", *Ground Water*, 47, 197-204, doi:10.1111/j.1745-6584.2008.00535.x.

Descroix Luc, Dacosta H., Sané T., Cormier Salem Marie-Christine, Bodian A. (2015)

Panorama des conséquences du changement climatique à travers la remontée du niveau océanique : érosion côtière et salinisation des eaux et des sols

In : Descroix Luc (ed.), Djiba S. (ed.), Sané T. (ed.), Tarchiani V. (ed.). *Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance : actes de l'Atelier scientifique et du lancement de l'initiative "Casamance : un réseau scientifique au service du développement en Casamance"*

Paris : L'Harmattan, p. 79-93

Eaux et Sociétés face au Changement Climatique dans le Bassin de la Casamance : Atelier Scientifique, Zinguinchor (SEN), 2015/06/15-17. ISBN 978-2-343-07690-4