

Rôle des forçages climatiques et anthropiques sur l'évolution des écosystèmes tropicaux de mangrove : exemple de la Somone (Sénégal).

I. Sakho, V. Mesnage, Julien Deloffre, R. Lafite, I. Niang, G. Faye

► **To cite this version:**

I. Sakho, V. Mesnage, Julien Deloffre, R. Lafite, I. Niang, et al.. Rôle des forçages climatiques et anthropiques sur l'évolution des écosystèmes tropicaux de mangrove : exemple de la Somone (Sénégal).. Pangea infos, Société Géologique de France, 2010, Volume spécial : Géosciences & Développement - Impacts de l'Homme et du climat sur les milieux sahariens, 47/48, pp.69-75. insu-00957430

HAL Id: insu-00957430

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00957430>

Submitted on 10 Mar 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ISSN 0760-1751

PANGAEA

N° 47/48 – Juin/Décembre 2010

CENTRE INTERNATIONAL POUR LA FORMATION ET LES ECHANGES EN GEOSCIENCES

INTERNATIONAL CENTER FOR TRAINING AND EXCHANGES IN THE GEOSCIENCES

Volume spécial :

Géosciences & Développement

IMPACTS DE L'HOMME ET DU CLIMAT SUR LES MILIEUX SAHELIENS

Editeurs scientifiques : Zibo GARBA, Benjamin NGOUNOU NGATCHA, David SEBAG, Alain DURAND

ROLE DES FORÇAGES CLIMATIQUES ET ANTHROPIQUES SUR L'ÉVOLUTION DES ECOSYSTEMES TROPICAUX DE MANGROVE : EXEMPLE DE LA SOMONE (SENEGAL)

Issa SAKHO^{1,2}, Valérie MESNAGE¹, Julien DELOFFRE¹, Robert LAFITE¹, Isabelle NIANG², Guilgane FAYE³

1- Université de Rouen, Laboratoire M2C, UMR 6143 CNRS, Mont Saint Aignan, France

2- Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

3- Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

correspondant : issa.sakho@gmail.com

RESUME

L'écosystème laguno-estuarien de la Somone se situe au Sénégal sur le secteur de la Petite côte (70 km au Sud de Dakar). La Somone est un petit fleuve à écoulement temporaire qui se jette dans l'océan atlantique. Ce géosystème côtier, soumis à un climat tropical sec, est un milieu à forte valeur écologique et socio-économique. Il connaît depuis les années 60 des modifications importantes qui peuvent être imputées à des évolutions naturelles et à une forte pression anthropique. L'étude diachronique par SIG des produits cartographiques permet de mettre en évidence l'évolution spatio-temporelle de toutes les unités géomorphologiques de l'écosystème laguno-estuarien de la Somone entre 1946 et 2006. L'unité « mangrove » a connu la plus nette évolution. Deux périodes apparaissent sur ces 60 années : (i) de 1970 à 1979, marquée par une réduction considérable des surfaces de mangrove au profit des vasières nues et des tannes, (ii) de 1992 à 2006, caractérisée au contraire par une évolution croissante des surfaces de mangrove. L'évolution climatique depuis 1970 est marquée par une réduction importante des précipitations au Sahel. Ainsi, la sécheresse, la fermeture de l'embouchure ainsi que la pression anthropique (prélèvement important du bois de palétuvier) seraient les facteurs de dégradation de la mangrove de la Somone. Les politiques de reboisement expliqueraient principalement le retour de la mangrove, même si la régénération naturelle semble être importante.

MOTS-CLEFS : Sénégal, Estuaire de la Somone, SIG, morphologie, mangrove, climat, pression anthropique.

Role of climate forcing and anthropogenic pressure on the tropical mangrove ecosystems: the Somone case (Senegal)

ABSTRACT

The lagoonal-estuarine ecosystem of Somone is located on the small coast about 70 km south of Dakar. Somone is a small coastal temporary river that flows into the Atlantic Ocean through a small mouth (20m wide). Submitted to a dry tropical climate, this coastal ecosystem has a high ecological and socio-economic value. Since the 60's, significant changes are observed that can be attributed to climatic changes but also to a strong anthropogenic pressure. The diachronic study of GIS map products highlights the spatiotemporal evolution of all the geomorphic units of the ecosystem between 1946 and 2006. The surfaces of the "mangrove" unit were submitted to significant changes during the studied period. The 1970-1990 period was marked by a considerable reduction of mangrove areas for the benefit of mudflats and barren area. The 1992 to 2006 period indicates rather a growing trend of mangrove areas. The changing climate in the 1970s was marked by a significant reduction in rainfall in the Sahel. The drought, the closure of the mouth and the anthropic pressure are the main factors of Somone mangrove degradation. The reforestation policies largely explain the return of the mangrove although natural regeneration appears to be important.

KEY-WORDS: Senegal, Somone estuary, mangrove, climate, anthropogenic pressure, GIS.

Introduction

Une mangrove peut être définie comme « l'ensemble des formations végétales, arborescentes ou buissonnantes, qui colonisent les atterrissements intertidaux marins ou fluviaux des côtes tropicales » (Marius, 1985). Les limites latitudinales de leur répartition géographique sont définies par des barrières thermiques (isotherme 20°C en janvier dans l'hémisphère nord et en juillet dans l'hémisphère sud) et l'aridité (Blasco et Carayon, 2000 ; Hogarth, 2007). A l'échelle mondiale, les mangroves couvrent une surface totale de plus de 150 000 km² soit 75 % des côtes tropicales du monde et représentent l'un des écosystèmes naturels les plus productifs de la planète (Spalding *et al.*, 1997 ; FAO, 2007).

Les facteurs conditionnant le développement des mangroves sont une température supérieure à 16°C pour le mois le plus froid, mais aussi une zone intertidale étendue et non rocheuse, protégée de la houle (Lebigre *et al.*, 1989). Colonisant un milieu très contraignant (hydromorphie du substrat, inondations périodiques), les palétuviers se caractérisent par leurs adaptations morphologiques (racines aériennes, pneumatophores...) ou physiologiques (glandes excrétrices de sels...) qui leur permettent de survivre dans un milieu anaérobie, et instable (Marius, 1985 ; Spalding *et al.*, 1997 ; FAO, 2007). Ces milieux préférentiels sont caractérisés par des eaux chaudes, soumis à des régimes de marée micro à macro tidaux. Il s'agit des estuaires, lagunes ou deltas, lieu d'accumulation de sédiments organiques fins, nécessaire à leur croissance.

Les mangroves jouent un rôle essentiel sur la qualité des eaux littorales par filtration des polluants (Schaffelke *et al.*, 2005). Elles constituent des barrières physiques de protection des côtes par atténuation de l'énergie des vagues, des houles, des tempêtes, des tsunamis (Daoudouh-Guebas et Koedam, 2008). Elles permettent également la fixation des sols par piégeage des sédiments fins (Furukawa et Wolanski, 1996). Le rôle essentiel des mangroves dans les chaînes trophiques côtières (Wolanski, 2007) constitue une fonctionnalité écologique majeure de l'écosystème mangrove. Au plan socio-économique, l'écosystème mangrove procure aux sociétés

humaines du bois d'œuvre, de chauffage, du tanin, des substances médicinales (Walters *et al.*, 2008), de la ressource halieutique et du sel (Chong *et al.*, 1996). Il représente le biotope idéal pour l'élevage, la reproduction et l'alevinage pour de nombreuses espèces marines (Nagelkerken *et al.*, 2008).

La réduction des surfaces des mangroves, phénomène observé à l'échelle mondiale, est liée aussi bien à des causes naturelles qu'anthropiques (Spalding *et al.*, 1997 ; Valiela *et al.*, 2001 ; FAO, 2007). Au niveau de la côte Ouest-africaine (du Sénégal à la Sierra Léone), Diop (1990) et Cormier-Salem (1999) ont inscrit les mangroves de la côte ouest-africaine dans un grand domaine géographique qu'ils qualifient de « Rivières du Sud ». Ces études se basent sur des mesures réalisées dans les principaux estuaires du Sénégal, Siné-Saloum et Casamance (Sall, 1983 ; Marius, 1985 ; Diop, 1990).

Le complexe laguno-estuarien de la Somone, de taille plus modeste, complète ces études. Ce site est représentatif des contraintes naturelles (*i.e.* impact climatique) et anthropiques (*e.g.* bois de chauffage) subies par les mangroves. Ainsi, malgré sa taille restreinte, le système de la Somone intègre des phénomènes globaux à petite échelle. Les objectifs de ce travail sont de (i) quantifier l'évolution des différentes unités morphologiques de l'estuaire de la Somone (en particulier l'unité mangrove), (ii) discriminer les paramètres forçant naturels et/ou anthropiques responsables de cette évolution. La stratégie d'étude se base sur une cartographie diachronique pluri-décennale de photographies aériennes et d'images satellitaires.

1. SITE D'ETUDE

La Somone est un écosystème côtier d'âge Holocène (Diop, 1984). Il se développe à l'arrière d'une flèche sableuse exondée (d'une longueur de 400 m environ), de forme allongée et parallèle à la côte. Cette flèche a connu, en 20 ans, une évolution morphodynamique importante ayant conduit à 2 fermetures de l'embouchure (1967-1969 et 1987).

La Somone appartient au domaine climatique Soudanien atlantique (Leroux et Sagna, 2000). Sur la côte il est caractérisé par l'alternance entre l'alizé maritime et la mousson. A l'intérieur des terres, c'est l'alizé continental ou harmattan qui alterne avec la mousson. Ce climat, de type « tropical sec » est marqué par deux saisons

contrastées : la saison humide et la saison sèche. Leur durée est liée aux déplacements du front intertropical (Diop, 1990 ; Leroux et Sagna, 2000). La saison sèche, caractérisée par des vents chauds et secs, est longue de huit mois environ (novembre à juin). La saison humide dure 3 à 4 mois environ (juin-juillet à octobre) et est marquée par la prédominance des flux de mousson.

Le réseau hydrographique de la Somone est peu hiérarchisé. Il est formé par la confluence de deux rivières à écoulement temporaire (Fig. 1.A). La rivière qui draine la partie est a une longueur de 30 km et celle de la partie ouest 20 km environ. Ces deux affluents se rejoignent au niveau de la réserve de Bandia (Fig. 1.A). L'essentiel des écoulements intervient en août et septembre, durant les maxima de précipitation. Les débits sont enregistrés à partir de la station implantée au niveau du pont de la réserve de Bandia (Fig.1.A). Les données, bien que très fragmentaires, montrent que depuis 1975, le

débit maximal n'a jamais été supérieur à $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ avec une moyenne annuelle de $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Le régime de marée de type microtidal (<2m à l'embouchure) et semi-diurne s'exerce toute l'année. La salinité dans cet écosystème, comme en Casamance et au Saloum, croît d'aval en amont. Ils sont qualifiés, pour cette raison, d'estuaires inverses (Diop, 1990). Cette augmentation de la salinité vers l'amont est exacerbée par leur position en latitude nord et la géométrie de leurs bassins versants. L'estuaire de la Somone et son bassin versant sont soumis à de fortes pressions anthropiques. Dans la partie amont (à environ 3 km de l'embouchure), six barrages ont été construits à Bandia en 1999 afin de favoriser le développement de la flore et l'abreuvement de la faune dans la réserve. Les 3 barrages de Kissane (Fig. 1.A), à environ 25 km de l'embouchure, ont été édifiés en 2000.

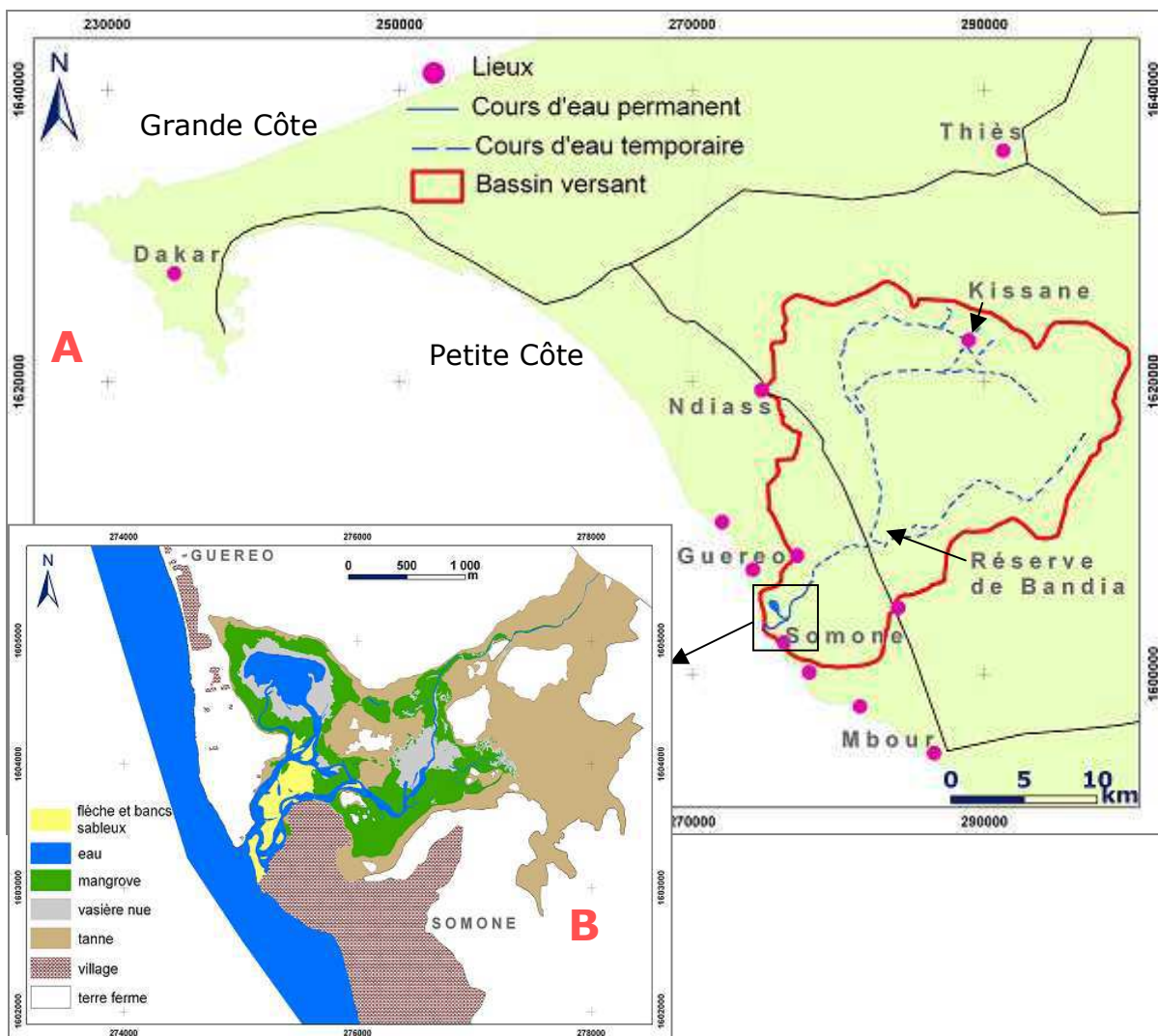


Figure 1 : Localisation du bassin versant de la Somone (A) et écosystèmes de la zone de Mangrove (B)

En aval, dans le domaine estuarien, la flèche sableuse et la mangrove sont les principaux pôles d'activités des populations. La flèche littorale a subi pendant plusieurs années une exploitation abusive d'extraction de sable pour alimenter l'industrie immobilière en pleine expansion dans ce secteur. Le bois de palétuvier a été la principale source énergétique de cette population rurale avant les années 90. Ainsi, l'intervention des pouvoirs publics par des politiques de protection et de gestion intégrée des ressources marines et côtières, a permis un recul considérable de ces pratiques abusives. En plus de l'exploitation ancienne et traditionnelle des huîtres de mangrove, s'est ajoutée depuis le début des années 90 une exploitation industrielle avec la création de bassins ostréicoles.

L'écosystème de mangrove de la Somone, bien que de petite taille (7 km²), peut être divisé en trois domaines : un domaine estuarien à l'Est, un domaine lagunaire au Nord et le domaine d'embouchure à l'Ouest.

Le domaine estuarien est constitué de trois unités morphologiques : la mangrove, les vasières nues et les tannes (Fig. 1.B). La mangrove et les vasières nues se situent dans la zone intertidale. Les teneurs en eau sont importantes et la sédimentation est à dominance fine. Par contre, les tannes occupent la zone supratidale. Ils sont submergés par les marées exceptionnelles et/ou les eaux de pluies pendant la saison humide (juin et octobre). Les teneurs en eau sont très faibles à cause d'une évaporation intense. Le faciès est sableux, la salinité et l'acidité sont importantes. Cette unité morphologique, très présente au Sénégal, est un marqueur pertinent de la dégradation des mangroves.

La partie nord de l'écosystème est essentiellement constituée d'un grand plan d'eau entouré d'un rideau de mangrove. La submersion par la marée biquotidienne est assurée par un chenal secondaire. A l'entrée du plan d'eau, le chenal adopte un parcours méandrique individualisant ainsi des bancs vaseux. Les profondeurs dans la lagune varient en fonction du coefficient de marée, mais restent inférieures à 2 m sauf dans le chenal.

Le domaine de l'embouchure est marqué par la présence d'une passe, des bancs sableux et une flèche sableuse (la plage) (Fig. 1.B). La passe est relativement profonde et sa largeur varie en fonction de la dynamique de la partie distale de la flèche. La flèche de la Somone est dirigée vers le

Nord et fait environ 400 m de long. Elle protège les bancs sableux des agressions marines (déferlement des vagues, houles).

2. MATERIELS ET METHODES

La stratégie d'étude utilisée repose sur l'étude diachronique. Ainsi, un inventaire de l'ensemble des données cartographiques sur le secteur a été réalisé : photographies aériennes (1946, 1954, 1974, 1978 et 1989) et images satellites (Spot, 1999 et 2002 ; Quick Bird, 2006).

Des enquêtes de terrain au village de Somone, à la réserve de Bandia et au Service des Eaux et Forêts ont complété notre stratégie d'étude. L'utilisation de Systèmes d'Information Géographique (SIG) s'est révélée indispensable pour le traitement et l'analyse de données de sources diverses afin (i) d'en extraire une information spatio-temporelle d'une grande précision mais aussi (ii) de mettre en place une base cartographique facilement accessible. L'étude diachronique des produits cartographiques permet de mettre en évidence l'évolution spatio-temporelle de toutes les unités géomorphologiques de l'écosystème laguno-estuarien de la Somone.

Parmi les facteurs explicatifs de la dynamique des systèmes tropicaux de mangrove figure d'abord la pluviométrie. Dans l'étude du fonctionnement des « Rivières du Sud », Diop (1990) définit un gradient décroissant Sud (République de Guinée) - Nord (Sénégal) de la forêt de mangrove en relation avec un gradient pluviométrique également décroissant. Pour notre étude, l'analyse des données pluviométriques de la station de Mbour (Fig.1) entre 1960 et 2007 permet de confirmer cette relation avec la pluviométrie et de discriminer les causes naturelles et anthropiques.

3. RESULTATS

La figure 2 présente l'écart à la moyenne de la pluviométrie annuelle sur une durée de 48 ans (1960 à 2007). La valeur moyenne est de 540 mm.an⁻¹. La période de 1960 à 1969 est relativement humide avec une moyenne pluviométrique de 760 mm.an⁻¹. Cette période est suivie de la rupture climatique de 1970 (Fig. 2), année de référence du début des sécheresses au Sahel (Faure et Gac, 1981). A partir de cette date jusqu'à aujourd'hui (1970 à 2007), la chronique décrit une période de sécheresse avec une moyenne de 480 mm.an⁻¹.

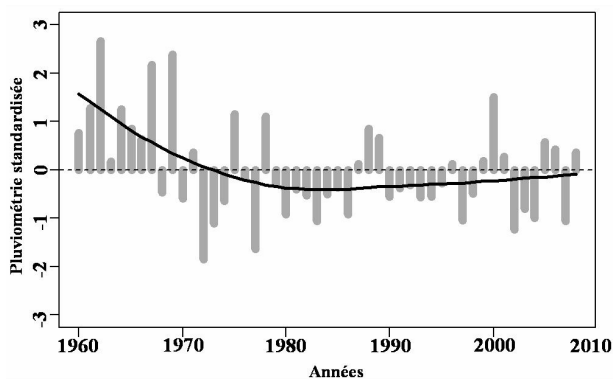


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle à Mbour

Le village de Somone est marqué par une forte dynamique spatio-temporelle. Les surfaces habitées sont passées d'environ $0,1 \text{ km}^2$ en 1946 à plus de 6 km^2 en 2006 (Fig. 3). Traditionnelle à l'origine, cette société a connu un processus d'urbanisation accéléré au partir des années 90. Le tourisme balnéaire se développe et entraîne une forte pression foncière et une occupation humaine incontrôlée du littoral.

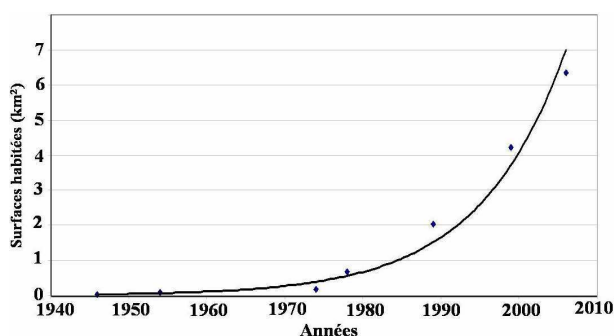


Figure 3 Evolution des surfaces habitées

Les résultats de cartographie obtenus sous SIG mettent en évidence l'évolution pluri-décennale de la mangrove de l'écosystème de la Somone de 1946 à 2006 avec une interpolation conforme aux tendances pour les années intermédiaires 1970 et 1992. La figure 4 montre la régression de la mangrove : en 32 ans, plus de $1,3 \text{ km}^2$ de mangrove ont disparu. Cette régression s'est produite en deux étapes : (i) de 1946 à 1978 où la mangrove disparaît quasiment. Il faut souligner une accélération dans la diminution des surfaces de mangrove à partir des années 1970

La période de 1980 à 1990 est marquée plutôt par une relative stabilisation des surfaces de mangrove qui restent très peu présentes sur le domaine. Celles-ci ont varié entre $0,17 \text{ km}^2$ en 1978 et $0,12 \text{ km}^2$ en 1989 (Fig. 4) soit une régression de $0,05 \text{ km}^2$ en 11 ans.

A partir des années 1992 jusqu'en 2006, les surfaces de mangrove de la Somone ont connu une nette augmentation. Elles sont passées de $0,12 \text{ km}^2$ en 1989 à $0,6 \text{ km}^2$ en 1999 et à plus de 1 km^2 en 2006, surface équivalente à celle de 1970 (Fig. 4), soit une progression d'environ $0,9 \text{ km}^2$ en 17 ans.

4. DISCUSSION

En Afrique de l'Ouest se pose depuis la fin des années 1960, le problème de l'impact de la sécheresse (Nicholson, 2000 ; Hulme *et al.*, 2001 ; Dai *et al.* 2004) puis celui de la reprise relative des précipitations dans les années 1990 (Fall *et al.*, 2006 ; Nicholson, 2005) sur l'évolution des formations végétales continentales et côtières.

Nos résultats cartographiques sur la dynamique de la mangrove de la Somone montrent bien deux tendances très nettes : (i) une première phase de diminution des surfaces entre 1946 et 1978 et (ii) une deuxième phase d'augmentation entre 1992 et 2006. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Kaly (2001). La figure 4 présente l'évolution de la mangrove au regard des paramètres forçant naturels et anthropiques de l'écosystème laguno-estuarien de la Somone. La phase de régression de la mangrove (de 1946 à 1978) est principalement liée à la sécheresse et à la fermeture de l'embouchure par progression de la flèche sableuse. Le déclin a été progressif avec la sécheresse. Par contre, le comblement de l'embouchure s'est manifesté par une absence totale de marée entraînant ainsi un processus de salinisation sans précédent. Cette hypersalinisation (Ridd et Stieglitz 2001 ; Mikhailov et Isupova, 2008) associée à une acidité importante du sol de mangrove (Viellefon, 1969), ont empêché le développement et la survie des palétuviers.

Longtemps décrit dans la littérature scientifique comme étant responsable de la dégradation des mangroves au Sénégal (Diop, 1990 ; Marius, 1995 ; Diouf, 1996), la sécheresse n'a été pour la Somone qu'un facteur aggravant. Cela se vérifie aujourd'hui par une bonne présence de la mangrove, bien que l'on soit toujours en période globalement sèche (Fig. 4). Le paramètre essentiel serait plutôt la marée à travers son régime de submersion et l'étendue du domaine intertidale. Ainsi, nous pouvons dire que la fermeture de l'embouchure serait le facteur naturel déterminant de la dégradation de la mangrove de la Somone.

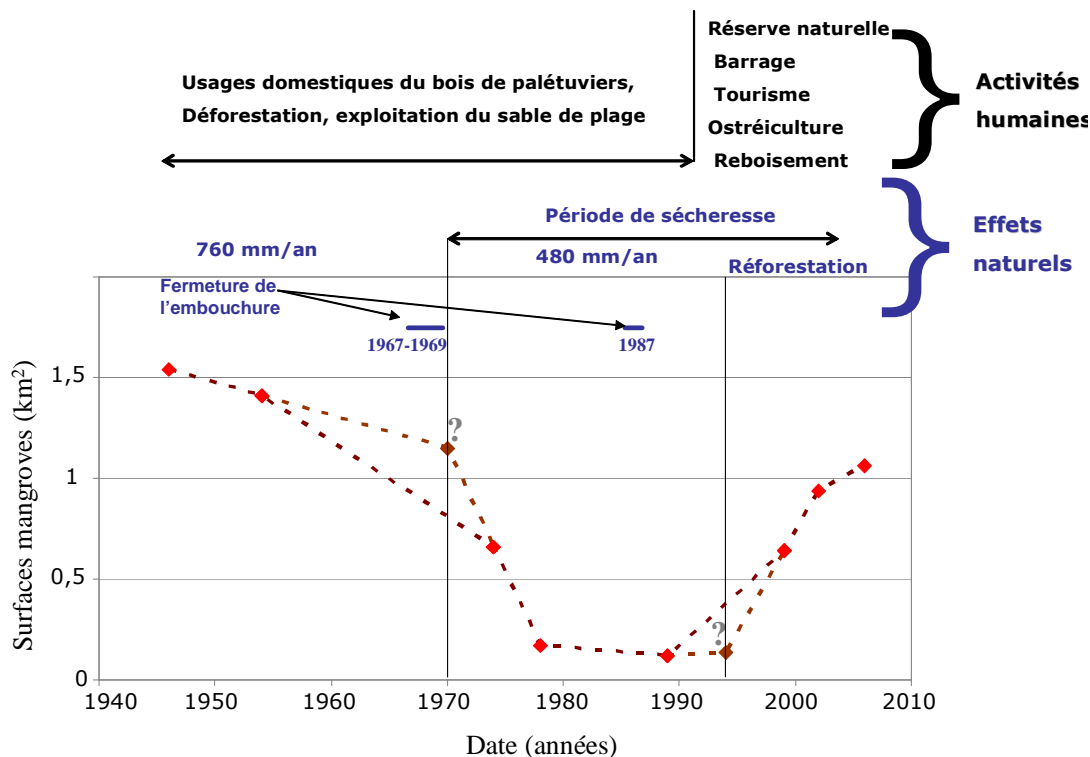


Figure 4 Evolution des surfaces de mangrove en liaison avec les facteurs de contrôle.

L'impact anthropique se mesure à travers les usages de la mangrove. Les prélèvements de bois pour des besoins énergétiques et les défrichements liés à l'activité de récolte des huîtres ont contribué au recul de la végétation (Fig. 4). En effet, même si la pluviométrie a connu une légère amélioration depuis la fin des années 1990, celle-ci n'explique pas le retour de la mangrove. Les politiques de restauration et les campagnes de reboisement, couplées à la régénération naturelle semblent être déterminantes. La reforestation constituerait alors le facteur principal expliquant le développement de la mangrove. Toutefois, elle est soutenue par des conditions environnementales favorables.

Conclusion

L'étude diachronique de l'évolution récente de la mangrove de la Somone nous a permis de reconstituer l'histoire géomorphologique de l'écosystème laguno-estuarien sur une soixantaine d'années. La variété des unités géomorphologiques ainsi que leur dynamique spatio-temporelle constituent les traits forts d'un environnement fragile et sensible à toutes interventions d'ordre naturelles et anthropiques. L'analyse de ces deux types de facteurs montre que dans une période de sécheresse, la fermeture de l'embouchure ainsi que la surexploitation du bois de mangrove jouent un rôle déterminant dans la disparition de la

mangrove de la Somone. Ainsi, la recolonisation des vasières par la mangrove serait le résultat d'une prise de conscience collective et des actions concertées. Ces actions se sont traduites par des politiques de restauration à travers des campagnes de reboisement, fondamentales pour le devenir de l'écosystème et l'avenir même des populations de la Petite Côte.

REFERENCES

- Blasco F., Carayon J.L. (2000) - Les mangroves et le niveau de la mer. In : *Le Changement climatique et les espaces côtiers*. Actes du Colloque euro-méditerranéen, Université d'Arles (France), 24-27.
- Chong V. C., Sasekumar A., Wolanski E. (1996) - The role of mangroves in retaining penaeid prawn larvae in Klang Strait, Malaysia. *Mangroves and salt marshes*, 1(1), 11-22.
- Cormier-Salem C. (1999) - The mangrove: an area to be cleared for social scientists. *Hydrobiologia*, 413, 135-142.
- Dahdouh-Guebas F., Koedam N. (Eds.) (2008) - Mangrove Ecology - Applications in Forestry and Coastal Zone Management. *Aquat. Bot.*, 89, special issue, 77-274.
- Dai A., Lamb P.J., Trenberth K.E., Hulme M., Jones P.D., Xie P. (2004) - The recent Sahel Drought is real. *Int. J. Climatology*, 24, 1323-1331.
- Diop E.S. (1984) - Estuaires Holocènes Tropicaux en Afrique de l'Ouest et Cartographie par Télédétection. In : *Séminaire de Télédétection sur la cartographie géologique*, IUGS - UNESCO, Orléans, France, 2 au 4 février.
- Diop S. (1990) - *La côte ouest africaine du Saloum à la Mellacoré*. ORSTOM, Paris, 381 p.

- Diouf P.S. (1996) - *Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hypersalin du Sine-Saloum*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 267 p. + annexes.
- FAO (2007) - *The World's mangroves 1980-2005*. *FAO Forestry Paper*, 153, Rome, 89 pages.
- Fall S., Semazzi F. H. M., Miyogi D. D. S., Anyah R. O. and Bowden J. (2006) - Spatiotemporal climate variability over Senegal and its relationship to global climate. *Int. J. Climatology*, 26, 2057-2076.
- Faure H., Gac J.Y. (1981) - Will the sahelian drought end in 1985? *Nature*, 291, 475-478.
- Furukawa K., Wolanski E. (1996) - Sedimentation in the mangrove forests. *Mangroves and salt marshes*, 1 (1), 3-10.
- Hogarth P.J. (2007) - *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. OXFORD University Press, Second ed, 273 p.
- Hulme M., Doherty R., Ngara T., New M., Lister D. (2001) - African climate change : 1900-2100. *Clim. Res.*, 17, 145-168.
- Kaly J.L. (2001) - *Contribution à l'étude de l'écosystème mangrove de la Petite Côte et essai de reboisement*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 208 p.
- Lebigre J.M., Marius C., Larques P. (1989) - Les sols des marais maritimes du littoral occidental malgache. *Cahier ORSTOM Série Pédologie*, 25 (3), 277-286.
- Leroux M., Sagna P. (2000) - Le climat. In : *Atlas du Sénégal*. Ed. Jeune Afrique, 16-19.
- Marius C. (1985) - *Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement*. ORSTOM, Paris, 357 p.
- Marius C. (1995) - Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie. *Sécheresse*, 6 (1), 123-126.
- Mikhailov V. N., Isupova M. V. (2008) - Hypersalini-zation of River Estuaries in West Africa. *Water Resources and the Regime of Water Bodies*, 35 (4), 387-405.
- Nagelkerken I., Blaber S.J.M., Bouillon S., Green P., Haywood M., Kirton L.G., Meynecke J.-O., Pawlik J., Penrose H.M., Sasekumar A., Somerfield P.J. (2008) - The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. *Aquatic Botany*, 89 (2), 155-185.
- Nicholson S.E. (2000) - The nature of rainfall variability over Africa on time scales of decades to millenia. *Global and Planetary Change*, 26, 137-158.
- Nicholson S.E. (2005) - On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments*, 63 (3), 615-641.
- Ridd P.V., Stieglitz T. (2001) - Dry Season Salinity Changes in Arid Estuaries Fringed by Mangroves and Saltflats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 1039-1049.
- Sall M.M. (1983) - *Dynamique et morphogénèse actuelle au Sénégal occidental*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 3 volumes, 604 p.
- Schaffelke B., Mellors J., Duke N.C. (2005) - Water quality in the Great Barrier Reef region: responses of mangrove, seagrass and macroalgal communities. *Marine Pollution Bulletin*, 51 (1-4), 279-296.
- Spalding M.D., Blasco F., Field C.D. (1997) - *World Mangrove Atlas*. International Society for Mangrove Ecosystems. Okinawa (Japan), 178 p.
- Valiela I., Bowen J.L., York J.K. (2001) - Mangrove forest: one of the world's most threatened major tropical environments. *Biotropica*, 51, 807-816.
- Vieillefon J. (1969) - La pédogénèse dans les mangroves tropicales. *Sc. du Sol*, 2, 115-148.
- Walters B.B., Rönnbäck P., Kovacs J.M., Crona B., Hussain S.A., Badola R., Primavera J.H., Barbier E., Dahdouh-Guebas F. (2008) - Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 89 (2), 220-236.
- Wolanski E. (2007) - *Estuarine ecohydrology*. Elsevier, Amsterdam, 157 p.

