

ANALYSE PAR TÉLÉDÉTECTION DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA RÉSERVE DE MANGROVE DE MABE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES, ENTRE 1986 ET 2014.

Mbevo Fendoung P.⁷; Tchindjang M.⁸; Fongnzossie Fedoung E.⁹

RESUME

Face aux changements climatiques et leurs impacts sur le milieu côtier, les écosystèmes de mangrove apparaissent particulièrement vulnérables. La dynamique marine, l'érosion côtière et les pressions anthropiques sont autant de menaces qui pèsent sur ces écosystèmes. Cette étude se propose d'évaluer, à partir de l'analyse diachronique des images satellitaires Landsat et des enquêtes de terrain, la vulnérabilité aux changements climatiques de la réserve de mangrove de Mabe, située à l'embouchure du fleuve Moungo dans la Région administrative du Littoral (Cameroun). La méthodologie utilisée s'appuie sur le traitement et la classification des images Landsat TM et ETM, couplés aux données d'observations et d'enquêtes de terrain. Il en ressort que les mangroves ont enregistré une dégradation totale de 13% en 28 ans, soit une perte annuelle de 0,48%. L'érosion côtière s'est accentuée, induisant une dynamique régressive du trait de côte. Une perte en superficie est donc constatée et estimée à 103 ha (1,03km²). La nécessité de réguler l'installation des pêcheurs et la conception des technologies modernes de fumage de poisson s'impose, afin de limiter la consommation en bois de mangrove.

Mots clés : Changements climatiques, Mabe, Mangrove, Télédétection, Vulnérabilité

ABSTRACT

In the face of climate change and its impacts on the coastal environment, mangrove ecosystems are particularly vulnerable. Sea dynamics, coastal erosion and anthropogenic pressures are among the threats these ecosystems face. This study aims to assess the vulnerability to climate change of the Mabe Mangrove Reserve located at the mouth of the Moungo River in the Littoral Region of Cameroon, based on the diachronic analysis of Landsat satellite imagery and field surveys. The methodology used is based on the processing and classification of Landsat TM and ETM images, coupled with field observations and surveys. As a result, mangroves recorded a total degradation of 13% in 28 years, representing an annual loss of 0.48%. Coastal erosion has intensified, leading to a regressive dynamic of the coastline. A loss in area is therefore observed and estimated at 103 ha (1,03 km²). The need to regulate the installation of fishermen and the development and adoption of modern fish smoking technologies is necessary in order to limit the consumption of mangrove wood for fish drying.

Key words: Climate change, Mabe, Mangrove, Remote sensing, Vulnerability

INTRODUCTION

Les écosystèmes côtiers sont reconnus de par le monde comme étant naturellement très sensibles aux aléas climatiques. Bijlsma *et al.* (1996) ont identifié quelques dangers bio-géophysiques potentiels auxquels les zones côtières sont exposées parmi lesquels: les inondations, les vents violents, l'érosion du littoral, l'augmentation de la salinité des estuaires, l'altération de la qualité de l'eau disponible dans les aquifères et la disparition de certaines zones «humides» et de franges littorales de basse altitude, etc. Ces dangers peuvent avoir des répercussions au niveau socio-économique et environnemental en agissant spécifiquement sur l'agriculture, sur l'alimentation en eau potable, sur le système de santé, et sur la mangrove. Selon le 4^{ème} rapport du GIEC (2007a), la température globale de la planète a augmenté de 0,89°C sur la période 1901–2012. Les projections prévoient une augmentation des températures futures de 1,8 à 4°C à l'horizon 2100, en fonction des scénarios d'émission. Les changements climatiques apparaissent ici comme catalyseur, car, ils agissent spécifiquement sur le régime des températures, des précipitations et donc du niveau de la mer (Duvat et Magnan, 2010). Ce niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,7mm/an sur la période 1901-2010, à en croire le GIEC (2007a). Les projections prévoient une élévation entre 9 à 38 cm en 2050, puis, 86 cm en 2100 (PNACC, 2015). Au Cameroun, les précipitations

7 Doctorant en Géographie, Université de Yaoundé I, Cameroun. E-mail : phijippesmbevo@yahoo.fr

8 Université de Yaoundé I, BP 30464 Yaoundé, Cameroun. E-mail : mtchind@yahoo.fr

9 Université de Douala, BP 1872 Douala, Cameroun. E-mail : fong_nzossie@yahoo.com

ont fortement augmenté dans certaines zones (bande côtière) tandis qu'elles ont diminué dans d'autres (zone sahélienne). Les écosystèmes les plus sensibles à toutes ces perturbations sont ceux des forêts, des milieux de montagne et des zones humides dont les mangroves qui représentent des écosystèmes côtiers bordant les mers tropicales (Spalding, et al., 1997). Elles fournissent aux populations riveraines divers produits dont les matériaux de construction, le bois de chauffe, les tannins, les médicaments à base de plantes, etc. Elles ont un rôle écologique, économique et sociale inestimable au double niveau local et global (FAO, 1994 ; Ajonina et al, 2009). Les mangroves sont également des aires de reproduction et d'alimentation pour plusieurs espèces de poissons, de mollusques, de crustacés et d'oiseaux (Saenger, 2002). Leur localisation en bordure des mers font d'elles des agents de contrôle de l'érosion côtière et de la montée du niveau de la mer (FAO, 1994). Au Cameroun, les forêts de mangrove occupent une superficie estimée à 233 000 hectares (MINFOF, 2014). Elles représentent la plus grande couverture de mangroves en Afrique centrale, et la sixième de toute l'Afrique (UNEP, 2007).

Nicholls et al., (2007) ont démontré que les mangroves sont particulièrement sensibles aux changements climatiques. Le rapport de synthèse du GIEC (IPCC, 2007b) affirme avec une grande certitude que, d'ici 2080, des millions de personnes subiront des inondations chaque année en raison de l'élévation du niveau de la mer et le Cameroun, avec ses 590 km de côte, en sera particulièrement vulnérable (Fonteh et al, 2009). Etudiant la vulnérabilité des mangroves de l'estuaire du Cameroun aux changements climatiques, Ellison (2012) estime que le trait de côte a connu un recul d'environ 3 m par an au cours des trois dernières décennies, et une île de mangrove en mer aurait subi 89% de perte. Bien que l'auteur note une résilience globale des mangroves de l'Estuaire de Douala, il relève tout de même une vulnérabilité inhérente à la faible élévation topographique de la zone. Cette vulnérabilité est amplifiée par d'autres facteurs non climatiques parmi lesquels les facteurs anthropiques. A cet effet, Din et al. (2008) estiment la superficie de la mangrove défrichée chaque année autour de Douala à 1000 ha.

La réserve de mangrove de Mabe fait partie du système des mangroves de l'estuaire du Cameroun. Elle est en proie à une intense érosion côtière et une submersion marine résultant des changements climatiques ambiants. Le GIEC (2007a) a déjà fait état de cette situation lorsqu'il affirme que les zones côtières humides y compris les marais salants et les mangroves vont être endommagées par la montée des mers. Avec la densification du réseau hydrographique et la multiplication des espaces inondables, la mangrove de Mabe enregistre une perte considérable de sa superficie qui, jusqu'ici n'a pas encore été mesurée et quantifiée.

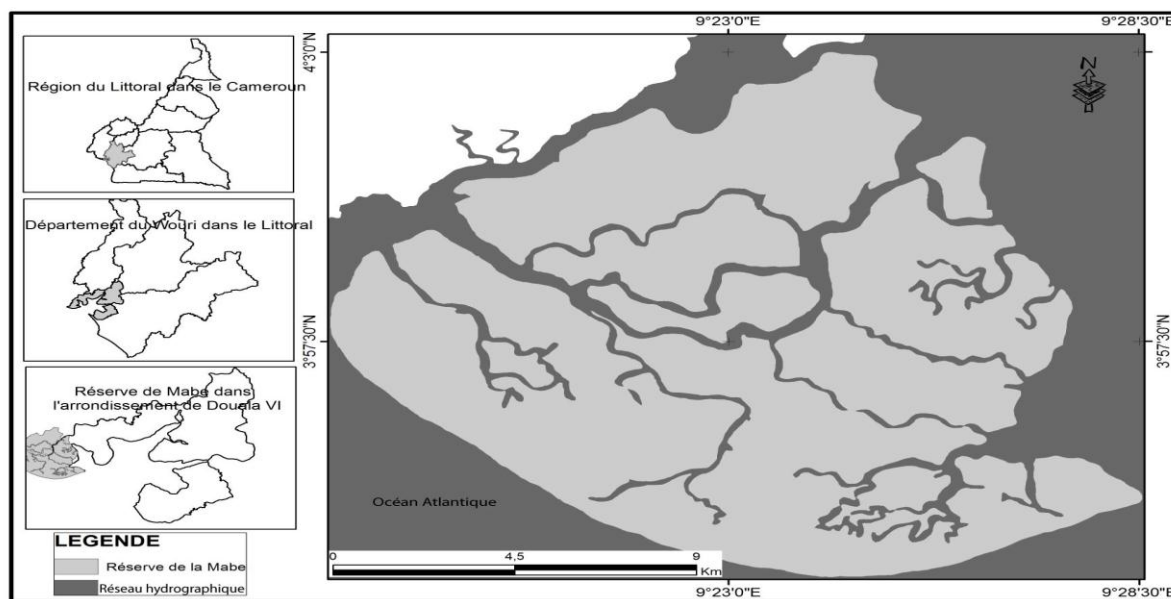
L'objectif de cette recherche est de dresser un état des lieux de l'évolution des différentes strates de mangrove (mangrove adulte, mangrove jeune, mangrove dégradée) dans et autour de la réserve de Mabe entre 1986 et 2014, en vue d'apprécier le sens de leur évolution, mais aussi de mieux appréhender les impacts des changements climatiques dans cette zone. La méthodologie adoptée dans ce travail s'appuie sur le traitement et la classification des images Landsat TM et ETM, couplés aux données d'observation et d'enquêtes sur le terrain.

1. OUTILS ET METHODOLOGIE DE TRAVAIL

1.1. Présentation et situation de la zone d'étude

La réserve de mangrove de Mabe est située au Cameroun (figure 1). Sa superficie au classement était de 20 160 ha (WRI et al, 2011). Limité au Nord par les Hautes Terres de l'Ouest et à l'Est par le plateau Sud camerounais, le Littoral camerounais est essentiellement constitué de terrains sédimentaires recouvert par endroits de basalte. La morphologie se résume en une multitude de petites collines convexes qui dépassent difficilement 200m d'altitude. Les côtes camerounaises se subdivisent en deux grandes parties : les côtes rocheuses et les côtes basses (MINEPDED, 2013). Ces dernières constituent la partie la plus développée sur au moins 220km et qui s'étale de l'embouchure du fleuve Sanaga à l'estuaire du Wouri. C'est dans cette dernière que se situe la réserve de mangrove de Mabe. Ladite réserve abrite une population cosmopolite dont la majorité est constituée des Nigériens (80% du total). On y retrouve aussi des Gabonais, Maliens, Béninois et une minorité d'autochtones. L'activité principale est la pêche et elle occupe près de 77% de la population. D'ailleurs 65% de poissons écoulés à Youpwé provient de Cap Cameroun, localité située dans la réserve de Mabe.

Figure 1 : Localisation de la réserve de Mabe



1.2. Acquisition des images

L'analyse de la dynamique spatio-temporelle de la réserve de mangrove de Mabe a nécessité trois jeux d'images satellitaire multi spectrales et géoréférencées de type Landsat¹. Les images des années 1986 et 2000 sont issues du capteur Landsat TM, avec 07 bandes spectrales monocanales de 30mètres de résolution et codées sur 8 bits; celle de 2014 est issue du capteur Landsat ETM⁺ avec 08 bandes monocanales dont une bande panchromatique (huitième bande) et codée sur 16 bits. Le tableau 1 ci-dessous représente les caractéristiques de ces différentes images.

Tableau1 : Caractéristiques des images Landsat traitées.

Capteur	Date	Path et Row	Résolutions	Bandes	Codes
Landsat TM	12 – 12 – 1986 ;	p187r75	30m	07	8 bits
Landsat ETM	10 - 12 – 2000 ;	p187_r57	30m	07	8 bits
Landsat ETM	07 - 01- 2014 ;	p187_r57	30 /15m	08	16 bits

1.3. Les outils de traitement

Le traitement des images a été réalisé sous ERDAS imagine® 2011. D'autres logiciels comme Arcgis® 10 ont été utilisés pour vectoriser les classifications et réaliser l'habillage cartographique (tableau 2). Pour ce faire, neuf classes d'occupation du sol ont été définies. Ensuite, ont suivi la vérification et la validation sur le terrain.

Tableau2 : outils de traitement des images Landsat

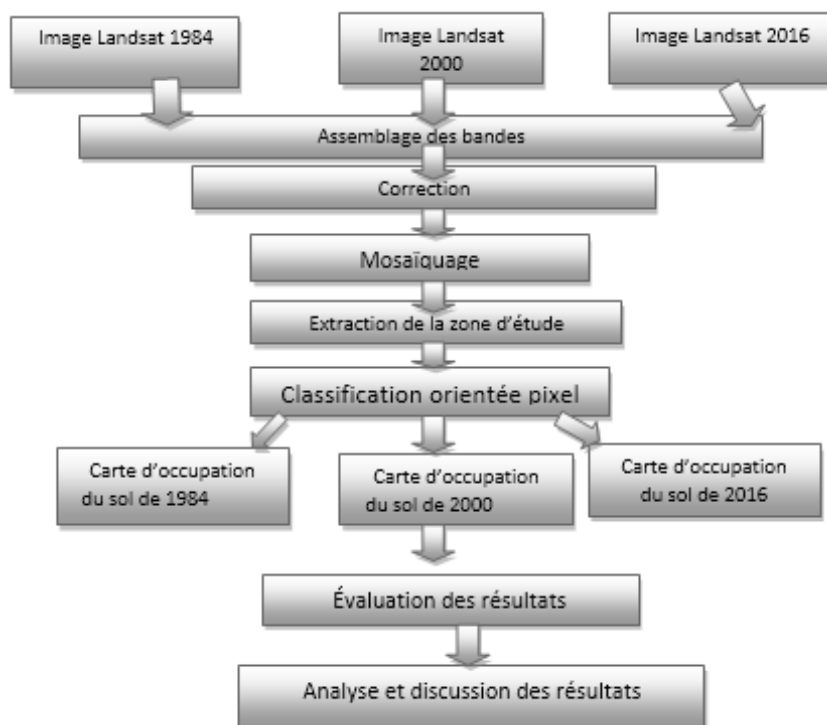
Logiciel	Version	Caractéristiques	Utilités
Erdas Imagine	2011	Traitement d'image	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Composition colorée ✓ Classification supervisée
ArcGis	10.0	SIG généraliste	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Traitement et analyse des données ✓ Traitement des différentes classes thématiques ✓ Habillage cartographique
Mapsource	6163	Extraction des données GPS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Récupération des tracés et waitpoint

¹ <http://earthexplorer.usgs.gov>

1.4. Le traitement des images

Des corrections radiométriques ont été réalisées sur l'image de 2014 (codée sur 16 bits et qui doit être converti en 8 bits) afin de la rendre compatible avec celles de 1986 et 2000. Après assemblage des bandes, une image multi spectrale a été obtenue. Celle-ci a donné lieu à une classification avec comme algorithme le maximum de vraisemblance. Par la suite, une visite de terrain a été effectuée pour vérifier et valider la classification. Des points GPS ont été pris et utilisés pour corriger la classification. La figure 2 ci-dessous retrace ce parcours méthodologique de traitement d'image.

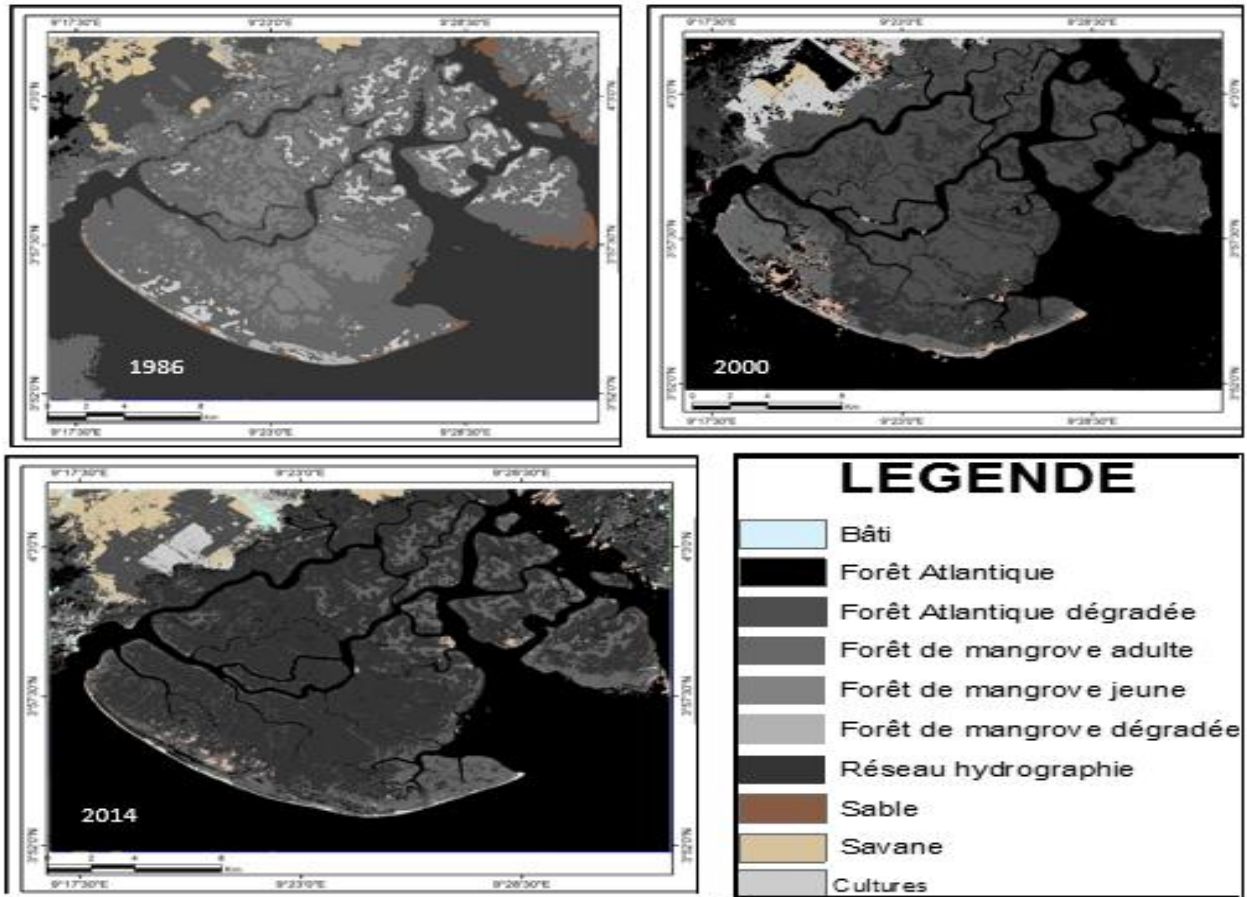
Figure 2 : Méthode de traitement d'image



2. RESULTATS OBTENUS

Au terme du traitement des trois images (1986, 2000 et 2014), il ressort que la réserve de mangrove de Mabe et ses environs sont constitués de dix (10) classes thématiques. Les résultats vont donc être interprétés en fonction de ces différentes classes thématiques ainsi que leurs différentes superficies d'occupation au sol durant la période observée. La figure 3 ci-dessous représente les différentes classes d'occupation du sol et leur dynamique pendant les trois années.

Figure 3 : Dynamique de la mangrove dans la réserve de Mabe entre 1986 et 2014.



2.1. Occupation du sol en 1986

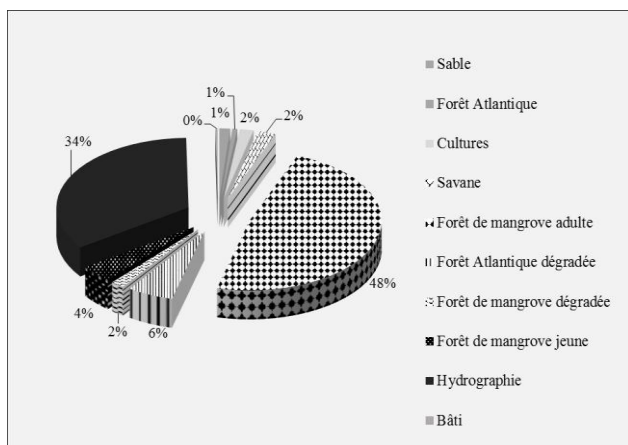
En 1986, l'**hydrographie** occupe une superficie de 24 916,4 ha, soit 34% de la superficie totale de la zone étudiée. La réserve est en effet située dans un bassin versant très drainé.

Le bâti occupe une très faible proportion. (208,2 ha). A cette période, les villages de pêcheurs (Cap Cameroun, Toubé, Kangué) étaient encore peu peuplés.

La mangrove dégradée était quant à elle concentrée en bordure de la mer et le principal agent de dégradation était l'action marine. Sa superficie totale était de 4059,54, soit 2% de la superficie totale. Le niveau de dégradation de la mangrove est mesuré par interprétation de la signature spectrale d'une part et par observation sur le terrain d'autre part.

Les forêts de mangrove jeunes et adultes représentaient respectivement 5918,97 ha (4%) et 34762,6 ha (48%) de la superficie totale. Cette proportion importante de la mangrove adulte serait due à la faible pression humaine dans la région, suite aux actes de sensibilisation et de protection menés par le Gouvernement camerounais à travers le Ministère des Forêts et de la Faune (MINFOF). Le reste des classes est constitué de la forêt atlantique (447,48 ha), de la forêt atlantique dégradée (1209,51 ha), des cultures (1228,43 ha), du sable (368,7 ha) et de la savane (1639,71 ha). La figure 4 ci-dessous résume les proportions et les statistiques d'occupation du sol à Cap Cameroun en 1986.

Figure 4: Superficie d'occupation du sol en 1986.



2.2. Occupation du sol en 2000

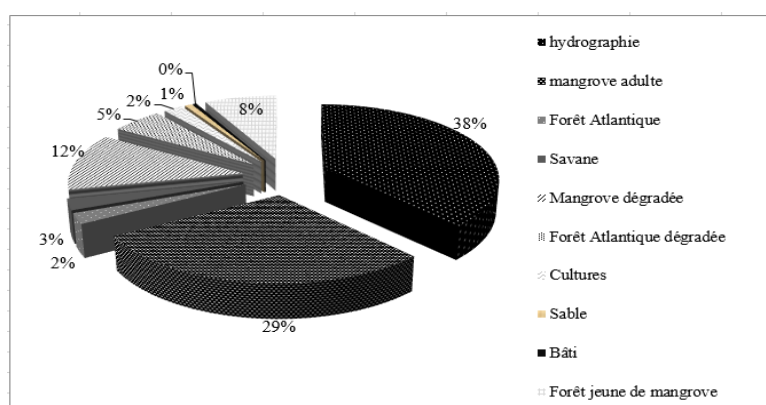
En prenant en compte la situation en 1986, on se rend compte d'un important changement en termes de superficie d'occupation du sol (tableau 3).

Tableau 3 : évolution des superficies d'occupation du sol dans et autour de la réserve de mangrove de Mabe entre 1986 et 2000.

Désignation	Sup_1986 (ha)	Sup_2000 (ha)
Hydrographie	24916,4	28743,3
Bâti	208,2	275,19
Mangrove dégradée	4059,54	9358,74
Mangrove jeune	5918,97	7784,29
Foret atlantique dégradée	1209,51	4116,56
Mangrove adulte	34762,6	22049,5
Cultures	1228,43	1564,07
Fore atlantique	447,48	1748,45
Sable	368,707	954,27
Savane	1639,71	1862,57

L'hydrographie par exemple est passée de 34 à 41%, reflétant la conquête permanente des terres par l'océan sur l'île. La même évolution concerne le bâti et les cultures (figure 5).

Figure 5 : Superficie d'occupation du sol en 2000



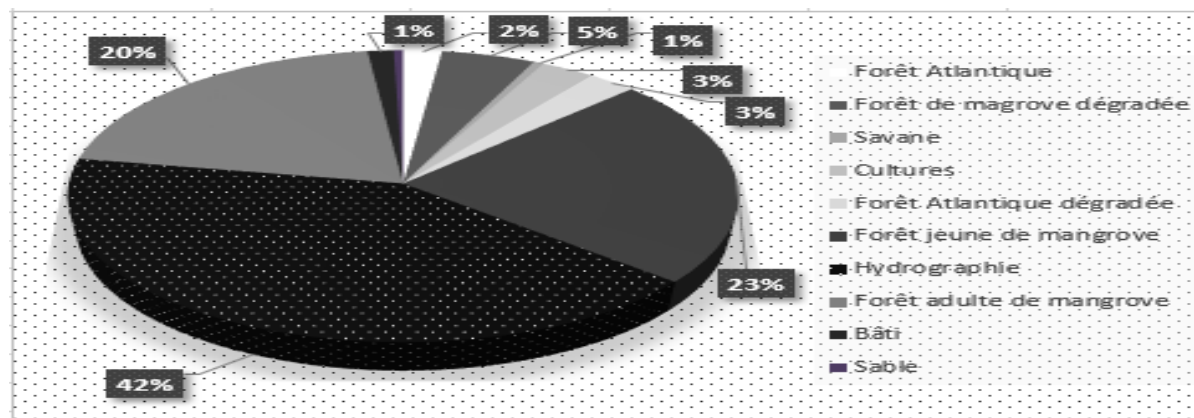
2.3. Occupation du sol en 2014

En 2014, la situation, de l'occupation du sol demeure préoccupante. Elle illustre et renseigne sur le dynamisme des transformations de l'environnement qui s'opèrent à un rythme rapide. Tous les facteurs de dégradation continuent de progresser et activent un peu plus la vulnérabilité des écosystèmes et des

populations résidentes. On relève un recul important de la savane et la progression fulgurante du bâti et des espaces de culture.

En prenant en compte les superficies de l'année 2014, la figure 6 permet de mieux visualiser les différents changements.

Figure 6 : Superficie d'occupation du sol en 2014



Somme toute, les résultats du traitement des images montrent une timide reconstitution de la mangrove et de la forêt Atlantique. Cet état des choses a également été constaté par le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement Durable (MINEPDED, 2010), dans son rapport du marché N°00096. Ceci est certainement dû à la sensibilisation entreprise par les autorités administratives et les ONG qui a abouti à la prise de conscience des populations environnantes de la réserve de mangrove de Mabe. L'érosion côtière s'est accentuée et la réserve de mangrove de Mabe a perdu 103 ha de terre entre 1986 et 2014. Le tableau 4 représente l'évolution de ces différentes superficies entre 1986 et 2014.

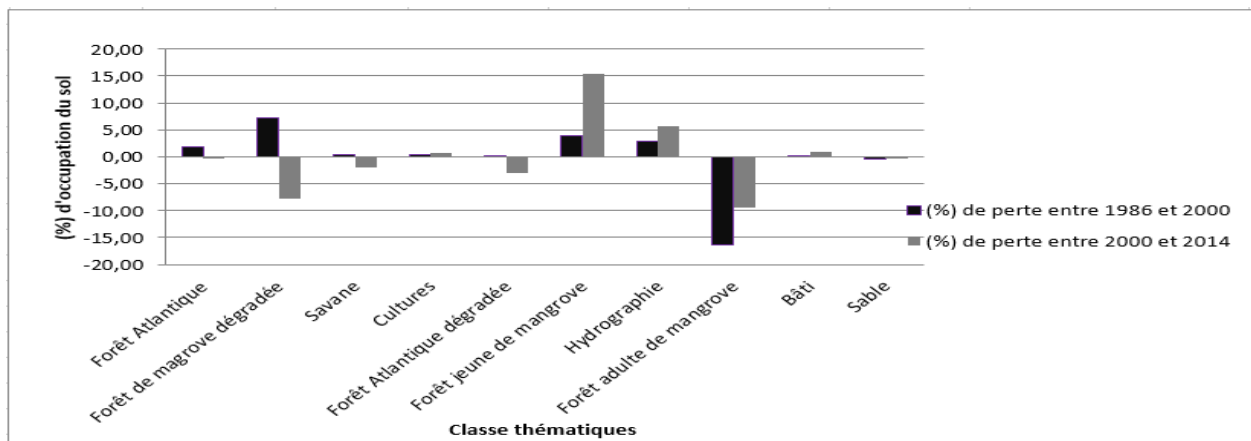
Tableau 4 : Synthèse des superficies d'occupation du sol dans la réserve de la Mabe (1986/2014)

Classe thématique	1986	(%) 1986	(%) de perte entre 1986 et 2000	2000	(%) 2000	(%) de perte entre 2000 et 2014	2014	(%) 2014
Forêt Atlantique	447,48	0,60	1,76	1748,45	2,36	-0,33	1505,20	2,03
Forêt de mangrove dégradée	4059,54	5,40	7,23	9358,74	12,63	-7,72	3649,58	4,91
Savane	1639,71	2,18	0,33	1862,57	2,51	-1,98	397,87	0,54
Cultures	1228,43	1,63	0,48	1564,07	2,11	0,74	2114,99	2,85
Forêt Atlantique dégradée	4059,54	5,40	0,16	4116,56	5,56	-2,99	1905,62	2,56
Forêt jeune de mangrove	2918,97	3,88	3,93	5784,29	7,81	15,40	17240,20	23,20
Hydrographie	24916,40	33,14	2,96	26743,30	36,09	5,59	30975,70	41,69
Forêt adulte de mangrove	34762,60	46,23	-16,47	22049,50	29,76	-9,38	15140,50	20,38
Bâti	208,20	0,28	0,09	275,19	0,37	0,99	1011,66	1,36
Sable	954,27	1,27	-0,47	589,04	0,80	-0,31	362,71	0,49
TOTAUX	75195,14			74091,71			74304,02	

Tableau 3 : Synthèse des superficies d'occupation du sol dans la réserve de la Mabe (1986/2014)

Le diagramme ci-dessous (figure 7) représente l'évolution des mangroves et les autres formes d'occupation du sol. Les valeurs en dessous de l'axe des abscisses traduisent les pertes et celles au-dessus de l'axe les gains.

Figure 7 : Dynamique de l'occupation du sol dans et autour de la réserve de mangrove de Mabe entre 1986 et 2014.



3. ANALYSE ET DISCUSSION

Au regard de ces résultats, l'on note que les différentes classes ont connu une évolution considérable dans le temps et dans l'espace. L'analyse de l'évolution spatiale a montré une diminution globale de **5710,83 ha** dans la zone de Mabe entre 1986 et 2014, ce qui correspond à une perte annuelle de **1162,25 ha** de mangrove. Le plus fort taux de dégradation se situe entre 1986 et 2000. Cette valeur (13%, soit une perte annuelle de **0,48%**) est largement supérieure à celle obtenue par Ellison (2012) qui a utilisé les mêmes sources d'images. En effet, cet auteur, évaluant la vulnérabilité des mangroves dans la zone de l'estuaire du Cameroun entre 1975 et 2007 a montré une diminution globale de 5% dans la zone de mangrove depuis 1975, la plus grande partie de ce changement s'étant produite entre 1975 et 1986, avec une légère reprise entre 1986 et 2000. Pendant la période 1986-2007, la superficie consacrée à l'agriculture est restée stable, tandis que la superficie des établissements humains a augmenté. Les changements climatiques ambiants et la pression humaine sont à l'origine de cette instabilité.

En dépit de multiples services écosystémiques offerts par les mangroves, la FAO, (2006a) estime que le Cameroun perd chaque année **300 ha** de forêt de mangrove, ce qui représente près de **10%** du total des pertes de l'Afrique. Cette superficie est passée de 472 500 ha en 1980 à 250 000 ha en 2002, soit une diminution de près de 50% en près de 20 ans (FAO, 2006b). Cette diminution des superficies agit sur les services écosystémiques rendus par la mangrove, en réduisant sa capacité de stock du carbone, la disponibilité des PFNL, l'alimentation en eau douce, les ressources génétiques, et les ressources énergétiques domestiques (bois de feu). Cette dernière variable est d'autant plus importante que le bois constitue plus de **70%** des sources d'énergie domestique en Afrique (REPAR Cameroun, 2009). Ajonina et al. (2014) ont évalué les stocks de carbone dans les forêts de mangroves et en ont estimé la biomasse totale à 825 Mg / ha. Cette perte de superficie des mangroves affecte ainsi la capacité de ces écosystèmes à séquestrer le carbone et donc, à contribuer à la régulation du climat global. Par ailleurs, une étude récente évaluant la valeur économique d'une partie des mangroves du littoral camerounais estimait leur valeur à 200 million FCFA / ha / an, (Ajonina et al, 2013). Une perte de **1162,25 ha** équivaut ainsi à une perte monétaire de l'ordre de 232 450 000 FCFA / ha / an (355 000 euros). Les lignes qui vont suivre esquisseront un aperçu des changements climatiques à Douala avant de s'appesantir sur la fragilisation des mangroves par divers facteurs.

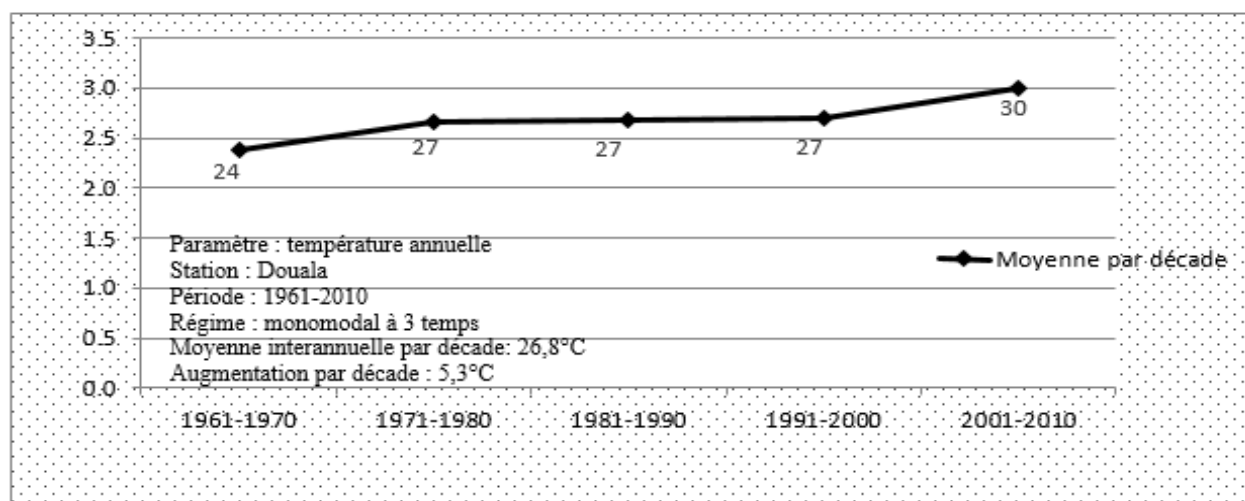
3.1. Bref aperçu sur les paramètres climatiques autour de Douala

De façon générale, les paramètres climatiques du Cameroun (température et précipitations) connaissent une tendance vers la hausse, surtout en termes de température. Le GIEC (2007b) a d'ailleurs prédit des augmentations de l'ordre de 0,6° pour l'Afrique subsaharienne où on estime pendant le XXème siècle, que le réchauffement est compris entre 0,26 et 0,5 °C (Hulme *et al.*, 2001; Malhi et Wright, 2004). Molua *et al.*, (2007) estiment que la température a augmenté de pratiquement de 1°C au cours du 20ème siècle au Cameroun. Cette variation est proche de celle observée à la station de Douala. En plus des températures, Douala enregistre des pics de précipitations de plus de 4000mm par an (MINEPDED, 2010).

Cette augmentation de température (figure 8), qu'elle soit continentale ou océanique, va modifier non seulement la croissance des organismes, mais, aussi, leur comportement, leur habitude alimentaire et leur

reproduction (Bopp et al, 2015). Le PNACC (2015) fait état de la multiplication des risques naturels tels les inondations, notamment en saison pluvieuse où l’alternance du couple chaleur humidité entraîne très souvent des pluies orageuses.

Figure 8 : Évolution moyenne annuelle des températures par décennie à Douala entre 1961 et 2010 (Mbevo, 2016).



3.2. Activités humaines et fragilisation des espaces de mangroves

A côté de ces phénomènes climatiques, les activités humaines ont aussi une incidence considérable sur la dégradation de la réserve de mangrove de Mabe. En effet, cet écosystème fait l’objet de plusieurs convoitises (matériaux de construction, source d’énergie pour le fumage des poissons, bois d’œuvre, habitat naturel pour la biodiversité...). Le prélèvement du bois de mangrove compromet profondément ses fonctions (de stabilisation du littoral, de protection contre l’érosion). La multiplication de la communauté des pêcheurs ainsi que les besoins induits constituent un facteur de destruction de la mangrove dans la zone côtière camerounaise. L’UICN (2013) notait déjà que la demande en bois de la mangrove par les populations locales au Cameroun contribue à 40% de perte en termes de superficie.

Les populations locales ont développé une forte dépendance au bois de mangrove, y compris des espèces polyvalentes telles que *Rhizophora racemosa* Meyer, *R. harrisonii* Leechman, *Avicennia germinans* L. Stearn., *Laguncularia racemosa* Gaertn. F. et *Conocarpus erectus* L., utilisées pour la fabrication de meubles, le fumage du poisson et le bois de chauffage (Nfotabong et al., 2009). Les travaux de Din et al. (2008) évaluaient la superficie de mangrove annuellement défrichée autour de Douala à 1000 ha, ce qui correspond à environ 200 000 arbres de mangroves coupées par an pour une valeur marchande de 262 382 800 FCFA (environ 400 000 euros).

L’exploitation combinée du bois de mangrove *Rhizophora* et de son écorce pour l’extraction du tanin a également été pratiquée dans la zone (Ajonina et al., 2013). Par ailleurs, le littoral camerounais fait l’objet d’une grande convoitise de la part des multinationales et des agro industries (HEVECAM, SOCAPALM, COTCO, CDC, etc.). Celles-ci occupent de vastes superficies de terre au détriment des populations autochtones. Ces dernières se trouvent ainsi obligées de coloniser d’autres espaces. D’ailleurs, au nord de la réserve de Mabe, notamment à Tiko, se dresse une vaste bananeraie de la CDC.

3.3. La mangrove : un écosystème sensible et fragilisé par les changements climatiques

Avec le scénario de l’augmentation du niveau de la mer engendrée par les changements climatiques, les espaces de mangrove constituent les écosystèmes les plus vulnérables. La réserve de mangrove de Mabe entre 1986 et 2014 a perdu une quantité importante de sa superficie suite à l’érosion côtière. La superficie des plans d’eau est passée de 24 916,40 ha en 1986 à 30 975,70 ha en 2014, ce qui corrobore les prévisions de transgression marine du GIEC (2007b). Entre 1986 et 2014, la façade Sud au contact avec l’océan Atlantique a perdu 103 ha de terrain. Cette augmentation qui se fait au détriment des terres émergées est une conséquence de l’érosion. Les facteurs naturels à l’origine de ce phénomène sont entre autres la géomorphologie des côtes (faible pente, substrat sableux), les phénomènes hydrodynamiques provenant de la mer (augmentation du niveau de la mer, courants, déficits sédimentaires ; UEMOA, 2007).

Les facteurs naturels sont liés aux aménagements portuaires, au prélèvement des sédiments (sable, gravier), à la destruction de la mangrove. Telles sont autant de menaces qui pèsent sur les espaces de mangroves camerounaises.

Toutefois, cette situation n'est pas uniquement camerounaise. En Afrique de l'Ouest, au cours des dernières décennies, d'importantes zones de mangrove ont été reconverties à d'autres utilisations telles que la production de sel et de riz (Tiega et Ouédraogo, 2012). Cette partie du continent connaît une forte dynamique de l'espace côtier. Des côtes togolaises aux côtes béninoises, l'érosion est très intense. (UEMOA, 2007) fait d'ailleurs le constat du recul du trait de côte allant de 1 à 10 mètres par an, en moyenne.

Les étendues côtières sont essentiellement vulnérables aux crues et aux inondations. Prenant en compte le scénario de l'horizon 2100 qui prévoit une augmentation de 90 cm du niveau de la mer, les principales conséquences seront des inondations permanentes de 38 villages sur les 72 recensés dans la zone autour de la mangrove de Mabe, avec des répercussions sur l'habitat des pêcheurs ; la migration de 5900 pêcheurs avec leurs familles (MINEF, 2005). Cette montée du niveau de la mer engendrerait l'endommagement des infrastructures, la salinisation des terres agricoles, de la nappe phréatique côtière ainsi que la perte des plages (ENDA, 2011).

Le recul du trait de côte est estimée à environ 4950 ha (4,5% de la superficie totale des mangroves) pour une élévation de 20 cm du niveau de la mer; et à environ 33 000 ha (30% de la superficie totale des mangroves) pour une élévation maximale de 90 cm. La moyenne maximale de la salinité dans la zone des mangroves s'établit actuellement entre 17 et 19‰ en saison sèche. On prévoit, avec une élévation de 86cm du niveau de la mer en 2100, une augmentation du taux de salinité à 25‰ due à l'infiltration de l'eau des mers dans les mangroves. (MINEF, 2005). La propagation de ces eaux salées sur les écosystèmes côtiers peut avoir des conséquences considérables sur une bonne partie des réservoirs profonds de la biodiversité et en diminuant le contenu en oxygène de cet écosystème (Bopp et al, 2015). La pêche et l'aquaculture seront ainsi affectées ainsi que les populations dépendantes de cette activité.

Dans le même ordre d'idées, Fonteh et al. (2009), estiment qu'entre 1948 et 2003, le Cameroun a connu un rythme d'élévation du niveau de la mer de 1,8 à 2,2mm par an. Les projections pour 2050 le situent entre 9 à 38 cm, puis, 86 cm en 2100 (GIZ, 2013). Si cette élévation se poursuit, les conséquences pour le Cameroun seraient alors énormes. Au niveau de la côte, la dégradation de la mangrove pourra s'accroître et les risques d'inondation partielle ou totale vont se multiplier. On enregistrera également des cas d'érosion côtière. La perte des terres provoquera alors la destruction des plages sablonneuses et par conséquent, les localités comme Cap Cameroun, Toubé, Kangué, Mboko risqueront de disparaître.

De même, sur les côtes d'Albâtre et en Seine-Maritime, le recul des côtes sur la période de 1947-1995 a été estimée de 20 à 50 cm par an, entre Saint-Valérie-en-Caux et Berneval (IFEN, 2006).

Par contre, à Madagascar, l'action de la mer a tendance à faire reculer le rivage, mais, beaucoup plus dans les zones avoisinantes des grandes métropoles. Les zones encore naturelles et non exploitées en sont épargnées (Rakotonaivo, 2005).

Toutefois, les côtes australiennes ne sont pas en reste, car, l'augmentation du niveau de la mer et la récurrence des vents violents y ont été signalées. A partir des simulations sur un intervalle de temps compris entre 1990 et 2100, Woodroffe (2012), pense que l'érosion va s'accroître et le niveau de la mer pourrait s'élever à plus de 92 cm.

3.4. Stratégies d'adaptation dans les espaces de mangroves

Face à ce recul avéré de la mangrove, les populations développent des stratégies d'adaptation, même si celles-ci sont dans la plupart des cas inefficaces. A Cap Cameroun et à Toubé par exemple, elles construisent des maisons portatives sur pilotis ; au fur et à mesure que le trait de côte régresse, les habitats sont replacés dans d'autres sites récemment aménagés, comme l'illustre les photos ci-dessous.

Photos A&B : Construction vulnérables à Cap Cameroun (cliché : Mbevo, 2014)



Sur la photo A, on observe ce type d'habitats portatifs et très vulnérables aux inondations et à l'érosion côtière. Les poteaux servant de pilotis sont déjà de temps en temps sapés par les eaux issues des inondations. Sur la photo B, on retrouve sur l'espace intertidal les restes d'habitat dont les occupants sont obligés d'abandonner à cause de l'érosion côtière.

Dans la zone de Kribi-Campo, l'Organisation Pour l'Environnement et le Développement Durable (OPED), aidé par un financement de la Banque Africaine de Développement (BAD) a mené des études sur la réduction du taux de dégradation de la mangrove par l'amélioration des technologies de fumage de poisson. Cette action a permis une réduction de l'ordre de 60% du bois de mangrove coupé, avec construction de 185 fumoirs améliorés (OPED, 2010). Dans l'estuaire du Rio Ntem (Sud-Cameroun), la FAO a initié un projet dénommé « gestion communautaire durable et conservation des écosystèmes des mangroves ». Ce projet a permis le reboisement de plus de 1000 hectares de mangrove (Fankem, 2016).

De même, dans les villages Youmé I et Youmé II situées dans de la réserve Douala-Edéa, 1,5 ha de mangrove ont été régénérés (Essoungou Kwack, 2009).

Photos C&D : Cas de régénération de la mangrove dans le Ntem, Sud Cameroun (cliché : Fankem, 2016).



A Madagascar, l'Etat, en collaboration avec les ONG et les populations locales a procédé à une replantation de la mangrove, soit un total de 215 000 plants (URUV², 2015). Au Benin, c'est plus de 44 ha de mangrove qui ont été restaurées en partenariat avec Eco-Benin (2014) qui est une ONG béninoise dont les activités sont axées sur la promotion du développement local et la valorisation des ressources naturelles à des fin écotouristiques.

CONCLUSION

La zone d'étude constitue un espace de mangrove suffisamment représentatif pour faire l'objet d'une évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes côtiers, dans un contexte de changement climatique. Une analyse diachronique de l'occupation du sol dans et autour de la réserve de mangrove de Mabe a été réalisée. Il en ressort que cette zone a enregistré une dégradation considérable, soit un taux de 13,68% entre 1980 et 2014. La mangrove a reculé, la mer a accentué son action de sapement. Les facteurs d'amplification de ce phénomène sont à la fois endogènes et exogènes. Ainsi, au plan endogène, les effets

² URUV : Un Regard Une Vie : c'est une association Malgache à vocation environnementale.

des changements climatiques se font sentir et les conséquences sont observables sur la réserve. En effet, la violence des courants de vagues, la succession des marées hautes, l'érosion côtière et les inondations sont autant de marques des changements climatiques dans la zone. Ensuite, sous un angle exogène, les populations locales ont aussi une certaine responsabilité dans la dégradation de cette réserve. L'arrivée massive des communautés de pêcheurs de toute nationalité (Nigériens, Gabonais, Béninois, Maliens...) entraîne une pression considérable sur cette mangrove.

La zone côtière concentrant très souvent d'épaisses couches nuageuses, les images de résolutions plus fines (SPOT 6, IKONOS, GEOEYE, etc.) auraient été plus intéressantes et enrichissantes. Nonobstant cela, ce travail garde toute sa pertinence, car, dans un contexte où la mangrove n'est plus cet écosystème hostile et invivable, une telle étude sonne comme un rappel à l'ordre. Il y a lieu d'intégrer dans la conscience des habitants de ce milieu l'effectivité des changements climatiques, afin qu'ils puissent utiliser rationnellement les ressources disponibles. Ces mesures d'adaptation spontanée peuvent permettre de juguler les méfaits des changements climatiques et de faire face à ses conséquences.

BIBLIOGRAPHIE

- Ajonina G, Kemajou J, Bitchick A.C. & Nguekam E. 2013. *Rapport technique sur l'évaluation chiffrée de la dégradation d'une partie de la mangrove du littoral*. OPED 2013, p. 103.
- Ajonina G., Tchikangwa B., Chuyong G. & Tchamba M. 2009. Les défis et perspectives de la formulation d'une méthodologie communautaire généralisable pour évaluer la vulnérabilité et l'adaptation des écosystèmes de mangrove aux impacts du changement climatique : Expérience du Cameroun. *Nature & Faune. Volume 24 (1) : 16-26*.
- Ajonina G.N., Kairo J., Grimsditch G., Sembres T., Chuyong G. and Diyouke E., 2014. Assessment of Mangrove Carbon Stocks in Cameroon, Gabon, the Republic of Congo (RoC) and the Democratic Republic of Congo (DRC) Including their Potential for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+), in *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa Estuaries of the World*, 177-189
- Bijlsma, L., C. N. Ehler, R. J. T. Klein, S. M. Kulshrestha, R. F. McLean, N. Mimura, R. J. Nicholls, L. A. Nurse, H. Perez Nieto, E. Z. Stakhiv, R. K. Turner and R. A. Warrick 1996, 'Coastal Zones and Small Islands', in R. T. Watson, M. C.
- Bopp L., Magnan A ; Gattuzo J-P, 2015. Océan et climat : un duo inséparable. 7p
- Din, N.; Saenger, P.; Jules, P.R.; Siegried, D.D.; Blasco, F. 2008. Logging activities in mangrove forests: A case study of Douala Cameroon. In *African. J. Environ. Sci. Technol.* , 2, 22–30.
- Duvat, V. & Magnan A., 2010. Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques: vulnérabilité, adaptation et développement.
- Eco-Benin, 2014. Rapport du projet « restauration des mangroves, Benin. 2p
- Ellison, J. C. and Zouh, I. 2012. Vulnerability to Climate Change of Mangroves: Assessment from Cameroon, Central Africa. *Biology*, 1, 617-638; doi:10.3390/biology1030617.
www.mdpi.com/journal/biology
- ENDA, 2011. Guide d'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique au niveau communautaire (zone côtière). 52p
- Essoungou Kwack J.N., 2009. *Evaluation de l'impact de l'approche participative dans la restauration des écosystèmes de mangrove de la réserve de faune de douala Edéa*. Mémoire de Master Professionnel, CRESA Forêt-Bois, Univ Dschang, 89p.
- Fankem G.O, 2016. *suivi-évaluation du projet «gestion communautaire durable et conservation des écosystèmes des mangroves» dans l'estuaire du Rio Ntem, sud-Cameroun*. Mémoire de Master Professionnel, CRESA Forêt-Bois, Univ Dschang, 110p
- FAO, 1994. *Mangrove forest management guidelines*. FAO Forestry Paper, 117. Rome, 320p.
- FAO, 2006a, *Policy and strategies for the sustainable management of mangrove swamp ecosystems in Cameroon*. 30p
- FAO, 2006b. Projet TCP/CMR/2006: « Gestion participative et conservation de la biodiversité des mangroves ». Document de Politique et stratégie pour la gestion durable des écosystèmes de mangroves du Cameroun. 37p.
- Fonteh M., Esteves L.S. and Gehrels W.R., 2009, Mapping and evaluation of ecosystems and economic activities along the coast of Cameroon; implication of future sea level rise. EUCC- Die Küsten Union

- Deutschland International approaches of coastal research in theory and practice. *Coastline reports*, 13:47-63).
- GIEC, 2007a. *Bilan des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC. Genève, Suisse: 114p.
- GIEC, 2007b. Climate Adaptation and mitigation options. In: *Climate Change 2007: Synthesis*.
- GIZ, 2013. *Rapport d'étude sur le changement climatique, la dynamique démographique et la santé de reproduction dans les régions du Sud-Ouest et de l'Extrême Nord du Cameroun*. Yaoundé, 236p.
- Hadraoui Y., 2013. *Étude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre*. 88p
- Hulme, M, Doherty, R. Ngarra T., New, M. and Lister D. 2001, *African climate change: 1900–2100*. p145–168.
- IFEN, 2006. Un quart du littoral recule du fait de l'érosion.4p
- Malhi, Y. & Wright, J., 2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B*, 359: 311–329.
- Mbevo Fendoung P., 2016. *Analyse de la vulnérabilité et des stratégies d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière camerounaise : cas de Cap Cameroun dans l'arrondissement de Douala 6^{ème}*. Mémoire de Master en géographie, Univ Yaoundé1, 173p.
- MINEF (CMEF), 2005. Communication initiale sur les changements climatiques au Cameroun. Yaoundé, 160p
- MINEPDED, 2009, Révision /Opérationnalisation du PNGE vers un Programme environnemental (PE), volume I : *Diagnostic de la situation de l'Environnement au Cameroun*. 142P
- MINEPDED, 2010. *Etude préliminaires de la deuxième phase du projet de conservation et de gestion participative des Ecosystèmes de mangrove au Cameroun*. Rapport final présenté par ENVI-REP CAMEROON. 125p
- MINEPDED, 2013. *Evaluation de la vulnérabilité et des stratégies de réponse aux changements climatiques dans le cadre de la seconde communication du Cameroun*. 282p.
- Molua E., 2009. Accommodation of climate change in coastal areas of Cameroon: selection of household-level protection options. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. DOI 10.1007/s11027-009-9194-5. 15p.
- OPED, 2010. Fumoirs améliorés : alternative à la dégradation de la mangrove pour le bien-être des femmes de l'Afrique Centrale.
- Rakotonaivo L.N, 2005. Ouvrage en enrochements en protection du littoral à Madagascar. 191p
- REPAR Cameroun, 2009. Rapport de synthèse nationale sur les changements climatiques. Par le réseau des parlementaires pour la gestion durable des écosystèmes forestiers d'Afrique centrale.
- Spalding, M., F. Blasco & C. Field, 1997. *World Mangrove Atlas*. The International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan . 178 pp.
- Tiega A. & Ouédraogo P., 2012. Les forêts de mangroves : aperçu de leur rôle de stabilisateur des zones côtières fragiles.
- UEMOA, 2007. Programme régional de lutte contre l'érosion côtière de l'UEMOA. 12P
- UICN, 2013. Comment aborder la REDD+ au Cameroun. Contexte, enjeux et option pour une stratégie nationale. 108P
- URUV, 2015. *Projet de mangrove anti-tempête. Région de Brickavilleet de Toamisana, côte Est de Madagascar*. 47p
- Woodroffe C, Cowell P, Callaghan D, Ranasinghe R, Jongejan R, Wainwright D, Barry S, Kerrylee R and Dougherty A., 2012. *Approaches to risk assessment on australian coasts*. 226p.
- WRI / GFW et MINFOF. 2011. Atlas forestier du Cameroun (version 3.0). *Wri.org*. 64p
- Zinyowera and. Moss, R. H (eds)., 1995. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: *Scientific-Technical Analyses –Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 289–324.
- Mike Hulme1*, Ruth Doherty3 , Todd Ngarra4 , Mark New5 , David Lister2